

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-031015  
 (43)Date of publication of application : 28.01.2000

(51)Int.Cl. H01L 21/027  
 G01B 11/00  
 G03F 7/20  
 G03F 9/00

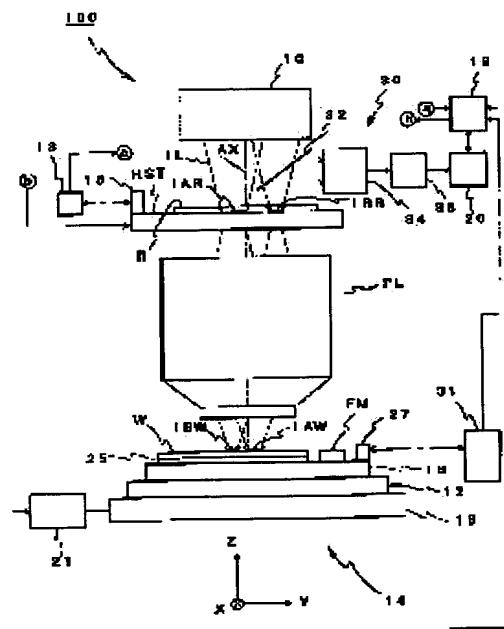
(21)Application number : 10-196953 (71)Applicant : NIKON CORP  
 (22)Date of filing : 13.07.1998 (72)Inventor : HAGIWARA TSUNEYUKI

## (54) POSITION DETECTING METHOD, POSITION ADJUSTING METHOD, SCANNING EXPOSURE METHOD AND SCANNING ALIGNER THEREOF, AND DEVICE MANUFACTURE

### (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To detect with high accuracy the position of a sensitive substrate or mask in scanning exposure.

**SOLUTION:** Illuminated regions IAR and IBR positioned in the projection visual field (image circle) of a projection optical system PL on the side of a mask R are lit with an exposure beam IL and a position detecting device 30 for optically detect the position of at least one of the mask R and a sensitive substrate W or the relative positions of the both in at least one of Y, X, and Z directions by using the exposure light, while regarding one illuminated region (IBR) as an illuminated region for detection. The projection optical system PL normally has its imaging performance adjusted, so that hardly an aberration is generated with respect to the wavelength of the exposure beam, so that the position of at least one of the mask and sensitive substrate or the relative positions of the both can be detected in scan exposure with high accuracy almost without aberrations by using the exposure beam.



### LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision]



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 マスクと感応基板とを第1方向に同期移動させつつ前記マスクに形成されたパターンを投影光学系を介して感応基板上に逐次転写する走査露光を行う際の位置検出方法において、  
前記マスク側の前記投影光学系の投影視野内に位置する複数の照明領域を露光光により照明し、  
前記マスクと感応基板との前記同期移動中に、前記複数の照明領域の少なくとも1つを検出用照明領域として、前記第1方向、前記マスクの移動面内で前記第1方向に直交する第2方向、及び前記第1、第2方向に直交する第3方向の内の少なくとも一方に関する前記マスク及び前記感應基板の少なくとも一方の位置又は両者の相対位置を前記露光光を使って光学的に検出することを特徴とする位置検出方法。

【請求項2】 マスクと感応基板とを第1方向に同期移動させつつ前記マスクに形成されたパターンを投影光学系を介して感応基板上に逐次転写する走査露光を行う際の位置調整方法において、  
前記マスク側の前記投影光学系の投影視野内に位置する複数の照明領域を露光光により照明し、  
前記マスクと感応基板との前記同期移動中に、前記複数の照明領域の少なくとも1つを検出用照明領域として、前記第1方向、前記マスクの移動面内で前記第1方向に直交する第2方向、及び前記第1、第2方向に直交する第3方向の内の少なくとも一方に関する前記マスク及び前記感應基板の少なくとも一方の位置又は両者の相対位置を前記露光光を使って光学的に検出し、この検出結果に基づいて前記マスク及び前記感應基板の少なくとも一方の前記検出方向の位置を調整することを特徴とする位置調整方法。

【請求項3】 マスクと感応基板との各々を所定方向に同期移動させつつ前記マスクに形成されたパターンを投影光学系を介して感応基板上に逐次転写する走査露光方法において、  
前記投影光学系の投影視野内の照明領域を露光光により照明し、

前記マスクと前記感應基板の同期移動中に、前記照明領域の少なくとも一部を検出用照明領域として、前記マスクと前記感應基板との相対位置関係を前記検出用照明領域に照射される露光光を使って光学的に検出し、  
この検出結果に基づいて前記マスク及び前記感應基板の位置関係を調整しながら、前記マスクと前記感應基板とを同期移動させることを特徴とする走査露光方法。

【請求項4】 前記マスクと前記感應基板との相対位置関係は、前記投影光学系の光軸方向の位置関係と前記投影光学系の光軸と垂直な方向の位置関係の少なくとも一方を含むことを特徴とする請求項3に記載の走査露光方法。

【請求項5】 マスクと感應基板とを同期移動させつ

つ、前記マスクのパターンを投影光学系を介して前記感應基板上に転写する走査露光方法であって、  
前記同期移動中に、前記マスクと前記感應基板との相対的な位置関係を露光光を使って検出し、  
前記同期移動中に、その検出結果に基づいて前記マスクと前記感應基板との相対的な位置関係を調整することを特徴とする走査露光方法。

【請求項6】 前記相対的な位置関係は、前記投影光学系の光軸方向の位置関係と前記投影光学系の光軸と垂直な方向の位置関係の少なくとも一方を含むことを特徴とする請求項5に記載の走査露光方法。

【請求項7】 前記同期移動中に前記マスク上の位置合わせマークと前記感應基板上の位置合わせマークとを露光光を使って検出することにより前記相対的な位置関係を検出することを特徴とする請求項5に記載の走査露光方法。

【請求項8】 マスクと感應基板とを第1方向に同期移動させつつ前記マスクに形成されたパターンを投影光学系を介して感應基板上に逐次転写する走査型露光装置であって、

前記マスク側の前記投影光学系の投影視野内に位置する複数の照明領域を露光光により照明する照明系と；前記マスクと感應基板との同期移動中に、前記複数の照明領域の少なくとも1つを検出用照明領域として、前記第1方向、前記マスクの移動面内で前記第1方向に直交する第2方向、及び前記第1、第2方向に直交する第3方向の内の少なくとも一方に関する前記マスク及び前記感應基板の少なくとも一方の位置又は両者の相対位置を前記露光光を使って光学的に検出する位置検出装置とを備える走査型露光装置。

【請求項9】 前記マスクと感應基板との同期移動中に、前記位置検出装置の検出結果に基づいて前記マスク及び前記感應基板の少なくとも一方の前記検出方向の位置を調整する駆動装置を備えることを特徴とする請求項8に記載の走査型露光装置。

【請求項10】 前記位置検出装置は、前記マスクからの反射光及び前記投影光学系を介しての前記感應基板からの反射光の少なくとも一方を2分割する分割光学素子と、該分割光学素子で分割された2光束を受光し、それぞれの入射位置に応じた信号を出力する光電変換素子と、該光電変換素子の出力に応じて前記マスク及び感應基板の少なくとも一方の前記第3方向の位置を求める演算装置とを有する焦点位置検出装置であることを特徴とする請求項8に記載の走査型露光装置。

【請求項11】 前記位置検出装置は、前記マスクからの反射光及び前記投影光学系を介しての前記感應基板からの反射光を前記感應基板表面の共役面で受光する撮像素子と、該撮像素子からの撮像信号に基づいて前記マスクと前記感應基板との前記第1方向及び第2方向の少なくとも一方の方向の相対位置を算出する演算装置とを有

するアライメント装置であることを特徴とする請求項8に記載の走査型露光装置。

【請求項12】 前記アライメント装置は、前記マスク上のマークと前記感応基板上のマークの相対位置を検出する装置であり、前記マスク上の検出用照明領域を照明する露光光の光量を所定レベルまで減光する減光部材を備えることを特徴とする請求項11に記載の走査型露光装置。

【請求項13】 前記減光部材を前記マスク上の前記マーク領域に対向した位置に保持して前記マスクと同期移動する移動体を有する可動ブラインド装置を更に備えることを特徴とする請求項12に記載の走査型露光装置。

【請求項14】 前記減光部材は、前記移動体に対し前記第1方向に相対移動可能であることを特徴とする請求項13に記載の走査型露光装置。

【請求項15】 前記位置検出装置は、前記複数の照明領域の内の第1の照明領域を前記マスクの位置を検出するための検出用照明領域として用い、前記複数の照明領域の内の第2の照明領域を前記感応基板の位置を検出するための検出用照明領域として用いることを特徴とする請求項8に記載の走査型露光装置。

【請求項16】 前記照明光学系は、前記複数の照明領域として、前記マスクと前記感応基板の相対的な位置関係を検出するための検出用照明領域と前記マスクのパターンを前記感応基板上に転写するための露光用照明領域とを前記第1方向に並べて形成し、

前記位置検出装置は、前記同期移動中に前記マスク上のあるパターン領域が前記露光用照明領域内に位置する前に前記検出用照明領域へ照射される露光光を使って前記マスクと前記感応基板との位置関係を検出し、前記駆動装置は、前記検出結果に基づいて、前記同期移動中に前記マスク上のあるパターン領域が前記露光用照明領域内に位置するときの前記マスクと前記感応基板との位置関係を調整することを特徴とする請求項9に記載の走査型露光装置。

【請求項17】 前記位置検出装置は、前記マスクからの反射光及び前記投影光学系を介しての前記感応基板からの反射光を2分割する分割光学素子と、該分割光学素子で分割された一方の光束を前記感応基板表面の共役面から光路前方側に所定量だけデフォーカスした位置で受光する第1の撮像素子と、該分割光学素子で分割された他方の光束を前記感応基板表面の共役面から光路後方側に前記所定量だけデフォーカスした位置で受光する第2の撮像素子とを備え、

前記駆動装置は、前記第1の撮像素子で撮像された像のコントラストと前記第2の撮像素子で撮像された像のコントラストとが一致するように前記マスクと感応基板との前記第3方向の相対位置を調整することを特徴とする請求項9に記載の走査型露光装置。

【請求項18】 前記光電変換素子は、前記分割光学素

子で分割された2光束を個別に受光するものが2つ設けられていることを特徴とする請求項10に記載の走査型露光装置。

【請求項19】 前記焦点位置検出装置は、前記マスク上の前記検出用照明領域に入射する前記露光光の光路上に配置された偏光ビームスプリッタと、前記マスクと前記感応基板との間の前記検出用照明領域を透過した前記露光光の光路上に配置された四分の一一波長板とを更に有することを特徴とする請求項10に記載の走査型露光装置。

【請求項20】 前記焦点位置検出装置は、前記マスクと前記感応基板との間の前記検出用照明領域を透過した前記露光光の光路上に配置された遮光板を更に有することを特徴とする請求項10に記載の走査型露光装置。

【請求項21】 前記複数の照明領域の内の少なくとも1つの検出用照明領域と、その残りの露光用照明領域とが、前記第1方向に並置され、前記複数の照明領域に照射される露光光の光量の前記第1方向の積算値が前記第2方向についてほぼ均一となるように、前記各照明領域内に照射される露光光の光量が設定されていることを特徴とする請求項8、9、10、11、17のいずれか一項に記載の走査型露光装置。

【請求項22】 前記複数の照明領域の内の露光用照明領域が少なくとも一部に前記第1及び第2方向に交差する傾斜部を有し、前記検出用照明領域が前記第1方向で前記傾斜部に重なる傾斜部を有することを特徴とする請求項8、9、10、11、17のいずれか一項に記載の走査型露光装置。

【請求項23】 請求項3又は5に記載の走査露光方法を用いたことを特徴とするデバイス製造方法。

#### 【発明の詳細な説明】

##### 【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、位置検出方法、位置調整方法、走査露光方法及び走査型露光装置並びにデバイス製造方法に係り、更に詳しくは、半導体素子や液晶表示素子等のマイクロデバイスの製造におけるリソグラフィ工程で用いられる走査型露光装置、この装置に適用される走査露光方法、この走査露光中のマスク又は感応基板の位置検出方法及び位置調整方法、並びに前記走査型露光装置及び走査露光方法を用いたデバイス製造方法に関する。

##### 【0002】

【従来の技術】 従来より、半導体素子又は液晶表示素子等をフォトリソグラフィ工程で製造する際に、フォトマスク又はレチカル（以下、「レチカル」と総称する）のパターンを、投影光学系を介して表面にフォトレジスト等の感光剤が塗布されたウエハ又はガラスプレート等の感應基板上に転写する投影露光装置、例えばステップ・アンド・リピート方式の縮小投影露光装置（いわゆるステッパ）が用いられている。このステッパは、各ショッ

ト領域の露光がレチクルと感応基板とを静止させた状態で行われるため、静止型露光装置とも呼ばれる。

【0003】ところで、半導体素子等を製造する場合には、異なる回路パターンを感応基板上に幾層にも積み重ねて形成する必要があるため、回路パターンが描画されたレチクルと、感応基板上の各ショット領域に既に形成されたパターンとを精確に重ね合わせることが重要である。

【0004】ところで、集積回路等は年々高集積化しており、これに伴って回路パターンの最小線幅（デバイスルール）も年々微細化の傾向を強め、重ね合わせ精度を含む露光精度に対する要求も厳しくなってきた。

【0005】かかる背景の下、近年では、矩形又は円弧状の照明光によりレチクルを照明し、レチクル及び感応基板を投影光学系に対して1次元方向に同期走査することにより、レチクルパターンを投影光学系を介して感応基板上に逐次転写する所謂スリット・スキャン方式、あるいは、所謂ステップ・アンド・スキャン方式などの走査型露光装置が開発され、現在ではこの走査型露光装置が主流になりつつある。かかる走査型露光装置によれば、収差の最も少ない投影光学系の有効露光フィールドの一部（中央部）のみを使用してレチクルパターンの転写が可能となるため、静止型露光装置に比べてより微細なパターンをより高精度に露光することが可能になる。また、走査型露光装置によれば、走査方向には投影光学系の制限を受けずに露光フィールドを拡大することができるので、大面積露光が可能であり、また、投影光学系に対してレチクル及びウエハを相対走査することで平均化効果があり、ディストーションや焦点深度の向上が期待出来る等のメリットがある。

【0006】図18には、従来の走査型露光装置の一例が示されている。この走査型露光装置は、照明装置101、レチクルRを保持してY方向に移動するレチクルステージRST、投影光学系PL、ウエハWを保持してXY2次元方向に移動するウエハテーブル106等を備えている。この走査型露光装置では、照明装置101から発せられる露光用照明光により、その下面に回路パターンが描画されたレチクルRのスリット状の照明領域IARが照明され、レチクルRの照明領域IAR内に存在する回路パターンの像が投影光学系PLを介してウエハW上に投影される。この場合、レチクルR上の照明領域IAR内の回路パターンとウエハW上の照明領域IARとは共役関係にあり、レチクルR（レチクルステージRST）が-Y方向に等速度VRで走査されるのに同期してウエハW（ウエハテーブル106）が+Y方向に等速度Vw（Vw=β·VR、βは投影光学系PLの投影倍率）で走査されることにより、ウエハW上にレチクルRに描画された回路パターンの縮小像を歪み無く形成することができる。このような焼き付け、露光の仕方を同期露光、スキャン露光、あるいは走査露光と呼ぶ。

【0007】この場合、ウエハWはウエハテーブル106上にウエハホルダ107を介して吸着保持されており、ウエハテーブル106は不図示のZ・レベリング機構（レベリング・フォーカシングアクチュエータ）によって、X方向に移動するXステージ108上に3点支持されており、このXステージ108は不図示のベース上をY方向に移動するYステージ110上に載置されている。前記ウエハテーブル106と不図示のZ・レベリング機構とによってウエハWをZ位置及びXY面に対する傾斜方向に駆動するZレベリングステージが構成されている。また、ウエハWの複数点のZ方向位置が斜入射光式の多点焦点位置検出系（141、142）によって計測されている。そして、スキャン露光中に不図示の制御系によって、多点焦点位置検出系（141、142）の計測値に基づいてZ・レベリング機構を介してテーブル106がZ方向及びXY面に対する傾斜方向に駆動され、ウエハW上の上記照明領域IARがレチクルRのパターン面と共になるように駆動され、このようにしていわゆるオートフォーカス（AF）・オートレベリング（AL）動作が行われるようになっている。

#### 【0008】

【発明が解決しようとする課題】上述した図18に示されるような走査型露光装置では、ウエハWとレチクルRとのXY方向の相対位置合わせのためウエハW上のアライメントマークを検出するマーク検出系としては、従来の静止露光（ステップ・アンド・リピート露光）方式のステッパーと同様のオフアクシスアライメントセンサ140が用いられ、同様にしてアライメントが行われている。すなわち、この走査型露光装置では、レチクルR及びウエハWの静止時に、アライメントセンサ140を用いてウエハW上の複数のアライメントマークとアライメントセンサ140の検出中心との相対位置を順次検出し、この検出結果及びその検出時のテーブル106の位置を計測する干渉計の計測値に基づいて干渉計測長軸で規定されるステージ座標系上で前記複数のアライメントマークの位置を求め、これらのアライメントマークの位置座標を用いて例えばEGA（エンハンスト・グローバル・アライメント）と呼ばれる統計処理演算によりウエハW上のショット配列座標を算出する。そして、各ショットの露光の際には、上記のショット配列座標と予め計測したベースライン量（レチクルパターンの投影位置とオフアクシスアライメントセンサ140の検出中心との距離）に基づいて、各ショットの露光のための走査開始位置にウエハWを位置決めし、それ以後のスキャン露光中のウエハW及びレチクルRの位置制御は干渉計の計測値のみに基づいて行われている。換言すれば、スキャン露光中にウエハWとレチクルRとのXY方向の相対位置合わせ（アライメント）を行うことが困難であり、ベースライン量の変動等に起因して重ね合せ誤差が生じるという不都合があった。

【0009】一方、フォーカス・レベリング制御については、テーブル制御にダイナミックな制御能力が要求されるという点を除けば、従来のステップ・アンド・リピート方式と同様の斜入射方式の多点AFセンサ(141、142)を用いても現時点(最小線幅0.35μm)では特に支障はない。

【0010】しかしながら、256M(メガ)ビット、1G(ギガ)ビットDRAMクラスの集積度を有し、最小線幅が0.25μm、0.17μm以下の次世代、次次世代の回路デバイスの量産に対応する露光装置には、スキャン露光中の投影光学系の像面のZ位置の計測及びフォーカシングの精度の更なる向上が要求されるが、上記斜入射光式のフォーカスセンサは、実際の像面を計測しているものではないため、かかる要求に対応することが困難であるという不都合があった。また、露光装置の解像力向上のための投影光学系の大N.A.化に伴い、ワーキングディスタンス(作動距離：投影光学系を構成する対物レンズ(先玉)とウエハとの距離)がますます縮小してきており、斜入射光式のフォーカスセンサではウエハ面上の上記照明領域(露光領域)のZ位置を計測することが困難となりつつあり、ワーキングディスタンスの縮小に対応できる別の焦点位置検出方式の開発が急務となっている。

【0011】本発明は、かかる事情の下になされたもので、その第1の目的は、走査露光中に感應基板又はマスクの位置を高精度に検出することが可能な位置検出方法を提供することにある。

【0012】また、本発明の第2の目的は、走査露光中に感應基板又はマスクの位置を高精度に調整することができる位置調整方法を提供することにある。

【0013】また、本発明の第3の目的は、走査露光中に感應基板又はマスクの位置を高精度に検出することが可能な走査型露光装置を提供することにある。

【0014】また、本発明の第4の目的は、露光精度を一層向上させることができる走査型露光装置及び走査露光方法を提供することにある。

【0015】また、本発明の第5の目的は、より高集積度のマイクロデバイスの生産性の向上を図ることができるデバイス製造方法を提供することにある。

【0016】

【課題を解決するための手段】請求項1に記載の発明は、マスク(R)と感應基板(W)とを第1方向(Y方向)に同期移動させつつ前記マスクに形成されたパターンを投影光学系(PL)を介して感應基板上に逐次転写する走査露光を行う際の位置検出方法において、前記マスク側の前記投影光学系の投影視野(PL')内に位置する複数の照明領域(IAR、IBR)を露光光(IL)により照明し、前記マスクと感應基板との前記同期移動中に、前記複数の照明領域の少なくとも1つ(IBR)を検出用照明領域として、前記第1方向、前記マスクの移動面内で前記第1方向に直交する第2方向、及び前記第1、第2方向に直交する第3方向の内の少なくとも一方に関する前記マスク及び感應基板の少なくとも一方の位置又は両者の相対位置を前記露光光を使って光学的に検出することを特徴とする。

クの移動面内で前記第1方向に直交する第2方向(X方向)、及び前記第1、第2方向に直交する第3方向(Z方向)の内の少なくとも一方に関する前記マスク及び前記感應基板の少なくとも一方の位置又は両者の相対位置を前記露光光を使って光学的に検出することを特徴とする。

【0017】これによれば、マスク側の投影光学系の投影視野(イメージサークル)内に位置する複数の照明領域を露光光により照明し、マスクと感應基板との同期移動中に、複数の照明領域の少なくとも1つを検出用照明領域として、第1方向、前記マスクの移動面内で前記第1方向に直交する第2方向、及び第1、第2方向に直交する第3方向の内の少なくとも一方に関するマスク及び感應基板の少なくとも一方の位置又は両者の相対位置を露光光を使って光学的に検出する。通常、投影光学系は露光光の波長に対して収差が殆どないように結像性能が調整されていることから、本請求項1の位置検出方法によれば走査露光中に露光光を用いて殆ど無収差でマスク及び感應基板の少なくとも一方の位置又は両者の相対位置を高精度に検出することができる。

【0018】請求項2に記載の発明は、マスク(R)と感應基板(W)とを第1方向(Y方向)に同期移動させつつ前記マスクに形成されたパターンを投影光学系(PL)を介して感應基板上に逐次転写する走査露光を行いう際の位置調整方法において、前記マスク側の前記投影光学系の投影視野(PL')内に位置する複数の照明領域(IAR、IBR)を露光光(IL)により照明し、前記マスクと感應基板との前記同期移動中に、前記複数の照明領域の少なくとも1つ(IBR)を検出用照明領域として、前記第1方向、前記マスクの移動面内で前記第1方向に直交する第2方向、及び前記第1、第2方向に直交する第3方向の内の少なくとも一方に関する前記マスク及び前記感應基板の少なくとも一方の位置又は両者の相対位置を前記露光光を使って光学的に検出し、この検出結果に基づいて前記マスク及び前記感應基板の少なくとも一方の前記検出方向の位置を調整することを特徴とする。

【0019】これによれば、請求項1の位置検出方法と同様に、走査露光中に露光光を用いて殆ど無収差でマスク及び感應基板の少なくとも一方の位置又は両者の相対位置を高精度に検出することができ、この検出結果に基づいてマスク及び感應基板の少なくとも一方の検出方向の位置を調整することにより、走査露光中に感應基板及びマスクの一方の位置又は両者の相対位置を高精度に調整することが可能となる。

【0020】請求項3に記載の発明は、マスク(R)と感應基板(W)との各々を所定方向に同期移動させつつ前記マスクに形成されたパターンを投影光学系(PL)を介して感應基板上に逐次転写する走査露光方法において、前記投影光学系の投影視野(PL')内に位置する

照明領域（IAR、IBR）を露光光（IL）により照明し、前記マスクと前記感応基板の同期移動中に、前記照明領域の少なくとも一部（IBR部分）を検出用照明領域として、前記マスクと前記感応基板との相対位置関係を前記検出領域に照射される露光光を使って光学的に検出し、この検出結果に基づいて前記マスク及び前記感応基板の位置関係を調整しながら、前記マスクと前記感応基板とを同期移動させることを特徴とする。

【0021】ここで、検出用照明領域は、複数の照明領域の内の少なくとも一部の照明領域、あるいは単一の照明領域の少なくとも一部の何れであっても良い。

【0022】これによれば、マスクと感応基板との各々を所定方向に同期移動させつつマスクに形成されたパターンを投影光学系を介して感応基板上に逐次転写する走査露光方法において、投影光学系の投影視野内に位置する照明領域を露光光により照明し、前記マスクと感応基板の同期移動中に、照明領域の少なくとも1部を検出用照明領域として、マスクと感応基板との相対位置関係を検出用照明領域に照射される露光光を使って光学的に検出し、この検出結果に基づいてマスク及び感応基板の位置関係を調整しながら、マスクと感応基板とを同期移動させる。このため、マスクと感応基板との同期移動中に、マスク及び感応基板の相対位置関係を高精度に検出し、かつ高精度に調整することができるので、結果的に露光精度を一層向上させることができる。

【0023】この場合において、請求項4に記載の発明の如く、前記マスク（R）と前記感応基板（W）との相対位置関係は、前記投影光学系（PL）の光軸（AX）方向の位置関係と前記投影光学系の光軸と垂直な方向の位置関係の少なくとも一方を含んでいることが望ましい。すなわち、投影光学系の光軸方向のマスクと感応基板との相対位置関係の調整はフォーカスの調整に他ならず、投影光学系の光軸と垂直な方向のマスクと感応基板との相対位置関係の調整は重ね合わせの調整に他ならないので、いずれにしても露光精度（線幅制御性、重ね合せ精度）が向上する。

【0024】請求項5に記載の発明は、マスク（R）と感応基板（W）とを同期移動させつつ、前記マスクのパターンを投影光学系（PL）を介して前記感応基板上に転写する走査露光方法であって、前記同期移動中に、前記マスクと前記感応基板との相対的な位置関係を露光光（IL）を使って検出し、前記同期移動中に、その検出結果に基づいて前記マスクと前記感応基板との相対的な位置関係を調整することを特徴とする。

【0025】これによれば、マスクと感応基板との同期移動中にマスクと前記感応基板との相対的な位置関係を露光光を使って殆ど収差なく検出し、かつ同期移動中に、その検出結果に基づいてマスクと感応基板との相対的な位置関係が調整されるので、結果的に露光精度が向上する。

【0026】この場合において、請求項4と同様に、前記相対的な位置関係は、前記投影光学系の光軸方向の位置関係と前記投影光学系の光軸と垂直な方向の位置関係との少なくとも一方を含むことが望ましい。

【0027】上記請求項5に記載の走査露光方法において、請求項7に記載の発明の如く、前記同期移動中に前記マスク（R）上の位置合わせマーク（RM）と前記感応基板上の位置合わせマーク（WM）とを露光光（IL）を使って検出することにより前記相対的な位置関係を検出しても良い。

【0028】請求項8に記載の発明は、マスク（R）と感応基板（W）とを第1方向（Y方向）に同期移動させつつ前記マスクに形成されたパターンを投影光学系（PL）を介して感応基板上に逐次転写する走査型露光装置であって、前記マスク側の前記投影光学系の投影視野（PL'）内に位置する複数の照明領域（IAR、IBR）を露光光（IL）により照明する照明系（10）と；前記マスクと感応基板との同期移動中に、前記複数の照明領域の少なくとも1つ（IBR）を検出用照明領域として、前記第1方向、前記マスクの移動面内で前記第1方向に直交する第2方向（X方向）、及び前記第1、第2方向に直交する第3方向（Z方向）の内の少なくとも一方に関する前記マスク及び前記感応基板の少なくとも一方の位置又は両者の相対位置を前記露光光を使って光学的に検出する位置検出装置（30）とを備える。

【0029】これによれば、照明光学系によりマスク側の投影光学系の投影視野内に位置する複数の照明領域が露光光により照明され、位置検出装置により、マスクと感応基板との同期移動中に、複数の照明領域の少なくとも1つを検出用照明領域として、第1方向、マスクの移動面内で第1方向に直交する第2方向、及び第1、第2方向に直交する第3方向の内の少なくとも一方に関するマスク及び感応基板の少なくとも一方の位置又は両者の相対位置が露光光を使って光学的に検出される。通常、投影光学系は露光光の波長に対して収差が殆どないように結像性能が調整されていることから、本請求項8の走査型露光装置によれば走査露光中に露光光を用いて殆ど無収差でマスク及び感応基板の少なくとも一方の位置又は両者の相対位置を高精度に検出することができる。

【0030】この場合において、請求項9に記載の発明の如く、前記マスク（R）と感応基板（W）との同期移動中に、前記位置検出装置（30）の検出結果に基づいて前記マスク及び前記感応基板の少なくとも一方の前記検出方向の位置を調整する駆動装置（RST、12、16、18、19、20、21）を備えることが望ましい。かかる場合には、駆動装置によりマスクと感応基板との同期移動中、すなわち走査露光中に位置検出装置の検出結果に基づいてマスク及び感応基板の少なくとも一

方の検出方向の位置が調整されるので、両者の相対位置関係の高精度な調整が可能になり、結果的に露光精度を向上させることができる。

【0031】上記請求項8に記載の走査型露光装置において、位置検出装置の構成は種々考えられるが、例えば請求項10に記載の発明の如く、前記位置検出装置(30)は、前記マスク(R)からの反射光及び前記投影光学系(PL)を介しての前記感応基板(W)からの反射光の少なくとも一方を2分割する分割光学素子(42)と、該分割光学素子で分割された2光束を受光し、それぞれの入射位置に応じた信号を出力する光電変換素子(46A、46B)と、該光電変換素子の出力に応じて前記マスク及び感応基板の少なくとも一方の前記第3方向の位置を求める演算装置(36)とを有する焦点位置検出装置であっても良く、あるいは請求項11に記載の発明の如く、前記位置検出装置(30)は、前記マスク(R)からの反射光及び前記投影光学系(PL)を介しての前記感応基板(W)からの反射光を前記感応基板表面の共役面で受光する撮像素子(58)と、該撮像素子からの撮像信号に基づいて前記マスクと前記感応基板との前記第1方向及び第2方向の少なくとも一方の方向の相対位置を算出する演算装置(36)とを有するアライメント装置であっても良い。

【0032】上記請求項11に記載の発明において、請求項12に記載の発明の如く、前記アライメント装置は、前記マスク(R)上のマーク(RM)と前記感応基板(W)上のマーク(WM)の相対位置を検出する装置であり、前記マスク上の検出用照明領域(IBR)を照明する露光光の光量を所定レベルまで減光する減光部材(68)を備えていても良い。露光光は、ある光量以上では感応基板上の感光剤を感光させてるので、減光部材によりマスク上の検出用照明領域を照明する露光光の光量を所定レベルまで減光することにより、感応基板上のマークが現像後のプロセスによって荒らされるのを防止できるからである。

【0033】この場合において、請求項13に記載の発明の如く、前記減光部材(68)を前記マスク(R)上の前記マーク(RM)領域に対向した位置に保持して前記マスクと同期移動する移動体(66A、66B)を有する可動ブラインド装置(64)を更に備えていることが望ましい。かかる場合には、マスクと感応基板との同期移動中ずっと減光部材がマーク領域に対向した位置に保持されるので、感応基板上のマークが現像後のプロセスによって荒らされるのを確実に防止することができる。

【0034】この場合、請求項14に記載の発明の如く、前記減光部材(68)は、前記移動体(66A、66B)に対し前記第1方向に相対移動可能であっても良い。かかる場合には、マスク上のマーク(RM)及び感応基板(W)上のマーク(WM)が第1方向の異なる位

置に形成されても感応基板上のマークが現像後のプロセスによって荒らされるのを確実に防止することができる。すなわち、いわゆるマークの打ち替えがあっても対応が可能である。

【0035】上記請求項8に記載の走査型露光装置において、請求項15に記載の発明の如く、前記位置検出装置(30)は、前記複数の照明領域の内の第1の照明領域を前記マスク(R)の位置を検出するための検出用照明領域として用い、前記複数の照明領域の内の第2の照明領域を前記感応基板(W)の位置を検出するための検出用照明領域として用いても良い。

【0036】また、上記請求項9に記載の走査型露光装置において、請求項16に記載の発明の如く、前記照明系(10)は、前記複数の照明領域として、前記マスク(R)と前記感応基板(W)の相対的な位置関係を検出するための検出用照明領域(IBR)と前記マスクのパターンを前記感応基板上に転写するための露光用照明領域(IAR)とを前記第1方向(Y方向)に並べて形成し、前記位置検出装置(30)は、前記同期移動中に前記マスク上のあるパターン領域が前記露光用照明領域内に位置する前に前記検出用照明領域へ照射される露光光を使って前記マスクと前記感応基板との位置関係を検出し、前記駆動装置は、前記検出結果に基づいて、前記同期移動中に前記マスク上のあるパターン領域が前記露光用照明領域内に位置するときの前記マスクと前記感応基板との位置関係を調整するようにしても良い。

【0037】上記請求項9に記載の走査型露光装置において、請求項17に記載の発明の如く、前記位置検出装置(30)は、前記マスク(R)からの反射光及び前記投影光学系(PL)を介しての前記感応基板(W)からの反射光を2分割する分割光学素子(56)と、該分割光学素子で分割された一方の光束を前記感応基板表面の共役面から光路前方側に所定量だけデフォーカスした位置で受光する第1の撮像素子(58A)と、該分割光学素子で分割された他方の光束を前記感応基板表面の共役面から光路後方側に前記所定量だけデフォーカスした位置で受光する第2の撮像素子(58B)とを備える場合には、前記駆動装置(RST、12、16、18、19、20、21)は、前記第1の撮像素子で撮像された像のコントラストと前記第2の撮像素子で撮像された像のコントラストとが一致するように前記マスクと感応基板との前記第3方向(Z方向)の相対位置を調整するようにしても良い。

【0038】上記請求項10に記載の発明において、前記光電変換素子は、单一の光電変換素子であっても勿論良いが、請求項18に記載の発明の如く、前記光電変換素子は、前記分割光学素子で分割された2光束を個別に受光するものが2つ設けられていても良い。

【0039】また、請求項10に記載の発明において、請求項19に記載の発明の如く、前記焦点位置検出装置

(30) は、前記マスク (R) 上の前記検出用照明領域 (I B R) に入射する前記露光光 (I L) の光路上に配置された偏光ビームスプリッタ (48) と、前記マスクと前記感応基板との間の前記検出用照明領域を透過した前記露光光の光路上に配置された四分の一波長板 (50) とを更に有しても良く、あるいは請求項20に記載の発明の如く、前記焦点位置検出装置 (30) は、前記マスクと前記感応基板との間の前記検出用照明領域を透過した前記露光光の光路上に配置された遮光板 (52) を更に有しても良い。

【0040】上記請求項8、9、10、11、17に記載の各発明において、請求項21に記載の発明の如く、前記複数の照明領域内の少なくとも1つの検出用照明領域と、その残りの露光用照明領域とが、前記第1方向に並置されている場合には、前記複数の照明領域に照射される露光光の光量の前記第1方向 (Y方向) の積算値が前記第2方向 (X方向) についてほぼ均一となるように、前記各照明領域内に照射される露光光の光量が設定されていることが望ましい。

【0041】また、上記請求項8、9、10、11、17に記載の各発明において、請求項22に記載の発明の如く、前記複数の照明領域内の露光用照明領域が少なくとも一部に前記第1及び第2方向に交差する傾斜部を有し、前記検出用照明領域が前記第1方向で前記傾斜部に重なる傾斜部を有しても良い。

【0042】請求項23に記載の発明に係るデバイス製造方法は、請求項3又は5に記載の走査露光方法を用いたことを特徴とする。

#### 【0043】

【発明の実施の形態】《第1の実施形態》以下、本発明の第1の実施形態を図1ないし図6に基づいて説明する。

【0044】図1には、第1の実施形態に係る走査型露光装置100の概略的な構成が示されている。この走査型露光装置100は、いわゆるステップ・アンド・スキヤン露光方式の投影露光装置である。

【0045】この走査型露光装置100は、光源及び照明光学系を含む照明系10、マスクとしてのレチクルRを保持するレチクルステージRST、投影光学系PL、感応基板としてのウェハWを保持してXY平面内をXY2次元方向に移動する基板テーブル18を備えたXYステージ装置14、及びこれらを制御する制御系等を備えている。

【0046】前記照明系10は、光源、照度均一化光学系 (コリメータレンズ、フライアイレンズ等から成る)、リレーレンズ系、レチクルブラインド、及びコンデンサレンズ等 (いずれも図示せず) を含んで構成されている。光源で発生した露光光としての照明光ILは不図示のシャッターを通過した後、照度均一化光学系により照度分布がほぼ均一な光束に変換される。照明光IL

としては、例えばKrFエキシマレーザ光、ArFエキシマレーザ光あるいはF2エキシマレーザ光 (波長: 157 nm) 等のエキシマレーザ光、銅蒸気レーザやYAGレーザの高調波、あるいは超高压水銀ランプからの紫外外域の輝線 (g線、i線等) 等が用いられる。

【0047】照度均一化光学系から射出された光束は、リレーレンズ系を介してレチクルRのパターン面と共に位置及びその近傍に配置されたレチクルブラインドに達する。レチクルブラインドとしては、ここでは開口形状が可変な可動ブラインドと、開口形状が固定された固定ブラインドとが設けられている点は通常と同様であるが、その固定ブラインドによってレチクルRを照明する露光用照明領域 (レジスト露光用) としてのスリット状照明領域IARと、検出用照明領域として落射照明領域IBRとが規定されるようになっている点が通常と異なる。この場合、レチクルブラインドを通過した光束は、リレーレンズ系、コンデンサレンズ系を通過して回路パターン等が描かれたレチクルRの照明領域IAR及び上記落射照明領域IBR部分をそれぞれ照明する。

【0048】前記レチクルステージRST上にはレチクルRが、例えば真空吸着 (又は静電吸着) により固定されている。レチクルステージRSTは、ここでは、磁気浮上型2次元リニアアクチュエータから成る不図示のレチクルステージ駆動系により、後述する投影光学系PLの光軸AXに垂直な平面内で2次元的に (X軸方向及びこれに直交するY軸方向及びXY平面に直交するZ軸回りの回転方向に) 微少駆動可能であるとともに、不図示のレチクルベース上を所定の走査方向 (ここではY軸方向とする) に指定された走査速度で移動可能となっている。このレチクルステージRSTは、レチクルRの全面が少なくとも投影光学系PLの光軸AXを横切ることができるだけのY軸方向の移動ストロークを有している。また、本実施形態では、上記の磁気浮上型2次元リニアアクチュエータとして、X制御用コイル、Y制御用コイルの他にZ制御用コイルを備えたタイプが用いられており、これによってレチクルステージRSTがZ軸方向にも微小範囲で駆動可能に構成されている。

【0049】レチクルステージRST上には、レチクルレーザ干渉計 (以下、「レチクル干渉計」という) 13からのレーザビームを反射する移動鏡15が固定されており、レチクルステージRSTのXY面内の位置はレチクル干渉計13によって、例えば0.5~1 nm程度の分解能で常時検出される。ここで、実際には、レチクルステージRST上には走査方向 (Y軸方向) に直交する反射面を有する移動鏡と非走査方向 (X軸方向) に直交する反射面を有する移動鏡とが設けられ、レチクル干渉計13は走査方向に1軸、非走査方向には2軸設けられているが、図1ではこれらが代表的に移動鏡15、レチクル干渉計13として示されている。

【0050】レチクル干渉計13からのレチクルステー

ジR S Tの位置情報はステージ制御系1 9及びこれを介してワクスステーション（又はマイクロコンピュータ）から成る主制御装置2 0に送られ、ステージ制御系1 9では主制御装置2 0からの指示に応じてレチクルステージR S Tの位置情報に基づいてレチクルステージ駆動系を介してレチクルステージR S Tを駆動する。

【0051】前記投影光学系P Lは、レチクルステージR S Tの図1における下方に配置され、その光軸A Xの方向がZ 軸方向とされ、ここでは両側テレンセントリックな光学配置となるように光軸A X方向に沿って所定間隔で配置された複数枚のレンズエレメントから成る屈折光学系が使用されている。この投影光学系P Lは所定の投影倍率、例えば1 / 5（あるいは1 / 4）を有する縮小光学系である。このため、照明系1 0からの照明光I LによってレチクルRのスリット状照明領域I A Rが照明されると、このレチクルRを通過した照明光I Lにより、投影光学系P Lを介してそのスリット状照明領域I A R内のレチクルRの回路パターンの縮小像（部分倒立像）が表面にフォトレジストが塗布されたウエハW上に形成される。

【0052】前記X Yステージ装置1 4は、不図示のベース上を走査方向であるY軸方向（図1における左右方向）に往復移動可能なYステージ1 6と、このYステージ1 6上をY軸方向と直交するX軸方向（図1における紙面直交方向）に往復移動可能なXステージ1 2と、このXステージ1 2上に設けられた基板テーブル1 8とを有している。また、基板テーブル1 8上に、ウエハホルダ2 5が載置され、このウエハホルダ2 5によって感應基板としてのウエハWが真空吸着（又は静電吸着）によって保持されている。

【0053】基板テーブル1 8は、Xステージ1 2上にX Y方向に位置決めされ、かつZ軸方向の移動及び傾斜が許容された状態で取り付けられている。すなわち、この基板テーブル1 8は、異なる3点の支持点でピエゾ素子等から成るレベリング・フォーカシングアクチュエータ（図示省略）によって支持されており、これら3つのレベリング・フォーカシングアクチュエータがウエハ駆動装置2 1によって独立してZ軸方向に駆動され、これによって基板テーブル1 8上に保持されたウエハWの面位置（Z軸方向位置及びX Y平面に対する傾斜）が所望の状態に設定されるようになっている。

【0054】基板テーブル1 8上にはウエハレーザ干渉計（以下、「ウエハ干渉計」という）3 1からのレーザビームを反射する移動鏡2 7が固定され、外部に配置されたウエハ干渉計3 1により、基板テーブル1 8のX Y面内の位置が例えば0. 5 ~ 1 nm程度の分解能で常時検出されている。

【0055】ここで、実際には、基板テーブル1 8上には走査方向であるY軸方向に直交する反射面を有する移動鏡と非走査方向であるX軸方向に直交する反射面を有

する移動鏡とが設けられ、ウエハ干渉計3 1は走査方向に1軸、非走査方向には2軸設けられているが、図1ではこれらが代表的に移動鏡2 7、ウエハ干渉計3 1として示されている。基板テーブル1 8の位置情報（又は速度情報）はステージ制御系1 9及びこれを介して主制御装置2 0に送られ、ステージ制御系1 9では主制御装置2 0からの指示に応じて前記位置情報（又は速度情報）に基づいてウエハ駆動装置2 1（これは、Xステージ1 2、Yステージ1 6の駆動系及び基板テーブル1 8の駆動系の全てを含む）を介してYステージ1 6、Xステージ1 2を制御する。

【0056】また、基板テーブル1 8上には、後述するレチクルアライメントのための基準マーク等が形成された基準マーク板FMが固定されている。

【0057】本実施形態の走査型露光装置1 0 0においては、図2に示されるように、レチクルRの走査方向（Y軸方向）に対して垂直な方向に長手方向を有する長方形のスリット状照明領域I A RでレチクルRが照明され、レチクルRは露光時に-Y方向に速度V Rで走査（スキャン）される。照明領域I A Rは投影光学系P L（図2においてはレチクルR側のイメージサークルが符号P L'で示され、またウエハW側のイメージサークルが符号P L"で示されている）を介してウエハW上に投影され、照明領域I A Rに共役なスリット状投影領域、すなわち露光領域I A Wが形成される。ウエハWはレチクルRとは倒立結像関係にあるため、ウエハWは速度V Rの方向とは反対方向(+Y方向)にレチクルRに同期して速度V Wで走査され、ウエハW上のショット領域Sの全面が露光可能となっている。走査速度の比V W/V R

30 は正確に投影光学系P Lの縮小倍率に応じたものになっており、上記の如く、ウエハWとレチクルRの同期移動が行われることにより、図3に示されるように、レチクルRのパターン領域P Aのパターン（ここでは、「Fパターン」を含むパターン）がウエハW上のショット領域S上に正確に（歪みなく）縮小転写される。スリット状照明領域I A Rの長手方向の幅は、実際には、照明系1 0内の固定ブラインドによって、レチクルR上のパターン領域P Aよりも広く、パターン領域P Aを区画する遮光領域の最大幅よりも狭くなるように設定され、レチクルRを走査（スキャン）することによりパターン領域P A全面が照明されるようになっている。

【0058】本実施形態の走査型露光装置1 0 0では、上記のようなウエハW上のショット領域に対する走査露光によるレチクルパターンの転写と、次ショット領域の走査開始位置へのステッピング動作とを繰り返し行うことにより、ステップ・アンド・スキャン方式の露光が行われ、ウエハW上の全ショット領域にレチクルパターンが転写されるようになっている。

【0059】図1に戻り、この走査型露光装置1 0 0には、投影光学系の投影視野（イメージサークル内）を常

時モニタするための位置検出装置30が設けられている。この位置検出装置30は、照明系10とレチクルRとの間に斜設されたビームスプリッタ32と、センサユニット34と、信号処理装置36とを含んで構成されている。この位置検出装置30は、前述した落射照明領域IBRを検出用照明領域として、後述するような種々の計測を行う。照明領域IBRは、前述したスリット状照明領域IARがウエハW上の露光領域IAWと共に関係にあるのと同様に、ウエハW上の照明領域IBWと共に関係にあり、投影光学系PLを介してウエハW表面の照明領域IBW内に照射(投射)された照明光ILの光束はウエハWによって反射され、その反射光束は入射光路と同一の光路を反対向きに進んで、ビームスプリッタ32に到達し、センサユニット34に向かって反射される。センサユニット34は、例えば2次元のCCDカメラやポジションセンシティブセンサ(ビーム位置検出器)などの光電変換素子、レンズエレメント等の光学素子などによって構成されている。

【0060】本実施形態では、センサユニット34は、レチクルRのパターン面からの反射光束や投影光学系PL及びレチクルRを介してのウエハ面からの反射光束を受光して光電変換したり、あるいはレチクルRの回路パターンの画像や投影光学系PL及びレチクルRを介してのウエハW上の回路パターンの画像やアライメント用マークの画像等を取り込んで画像信号に変換したりするようになっている。そして、信号処理装置36ではセンサユニット34からの信号を処理するとともに所定の演算によってウエハWのX、Y、Z位置、あるいはレチクルRのX、Y、Z位置、あるいはレチクルRとウエハWとのX、Y、Z方向の相対位置を算出するようになっている。

【0061】ここで、図2に示されるように、レチクルR上ではスリット状照明領域IARより先に落射照明領域IBRがレチクルRのパターン領域PAに到達するように、従ってウエハW上では露光領域IAWに先行して照明領域IBWがショット領域Sの上を横切るように、照明領域IARと照明領域IBWが定められている。このため、位置検出装置30では、実際の露光に先立つて、レチクルRとウエハWとの同期移動開始時にレチクルR及びウエハWの少なくとも一方の回路パターンのX、Y、Z位置を検出することができるので、いわゆる先読み制御が可能であり、制御応答遅れが発生し難く、位置合わせの精度向上が期待される。また、照明領域IARとIBRとの走査方向の間隔は基板テーブル18の制御応答特性等を総合して最適な間隔とする。すなわち、基板テーブル18の動作が緩慢なほど両者の間隔を広げることが望ましい。

【0062】ここで、上述のようにして構成された本第1の実施形態の走査型露光装置100の露光動作の流れを簡単に説明する。

【0063】先ず、最初に、基板テーブル18上の基準板FM上の基準点が投影光学系PLの光軸の直下に位置するように、主制御装置20によってXステージ12、Yステージ16が駆動される。次に、主制御装置20ではレチクルR上のレチクルアライメントマーク(以下、適宜「レチクルマーク」という)RM1、RM2(図2参照)とこれらに対応する基準マーク板FM上の不図示のレチクルアライメント用基準マークとを位置検出装置30によって同時に観察可能な位置までレチクルステージRSTを移動させ、レチクルマークRM1、RM2とこれらに対応する基準板FM上のレチクルアライメント用基準マークとを位置検出装置30によって同時に観察する。同様にして、主制御装置20ではレチクルR上のレチクルマークRM3、RM4(又はRM5、RM6)とこれらに対応する基準マーク板FM上のレチクルアライメント用基準マークとを位置検出装置30によって同時に観察する。そして、主制御装置20では、上記の計測によって得られた相互に対応するレチクルマークRMとレチクルアライメント用基準マークとの相対位置ずれが全て同時に最小になるように、レチクルステージRSTをXY面内で微少駆動して、レチクルRの初期位置設定、すなわちレチクルアライメントを行う。

【0064】次に、上記のレチクルアライメントの終了後、ウエハWが載置された基板テーブル18とレチクルステージRSTとが主制御装置20によって第1ショットの露光(レチクルパターンの転写)のための走査開始位置まで移動され、その第1ショットに対し前述の如くして走査露光が行われる。この走査露光中に、位置検出装置30により前述した種々の検出が行われ、該位置検出装置30を構成するセンサユニット34からの信号に基づいて信号処理装置36によってレチクルR又はウエハWのX、Y、Z方向の位置及びレチクルRとウエハWのX、Y、Z方向の相対位置が算出される。そして、この信号処理装置36の算出結果が主制御装置20に通知され、主制御装置20ではこの算出結果に基づいてステージ制御系19及びウエハ駆動装置21を介して基板テーブル18、すなわちウエハWの位置・姿勢を制御する、あるいはこれとともにレチクルステージ駆動系を介してレチクルステージRST、すなわちレチクルRの位置を制御することにより、ウエハWとレチクルRとのX、Y、Z方向の相対位置合わせを、スキャン中(レチクルRとウエハWの同期移動中)に行う。

【0065】これまでの説明から明らかなように、本第1の実施形態では、主制御装置20、ステージ制御系19、ウエハ駆動装置21、Xステージ12、Yステージ16、基板テーブル18、レチクルステージRST(不図示のレチクルステージ駆動系を含む)、によってレチクルRとウエハWとの同期移動中に、位置検出装置30の検出結果に基づいてレチクルR及びウエハWの少なくとも一方の検出方向の位置を調整する駆動装置が構成さ

れている。

【0066】次に、上記の位置検出装置30についてさらに具体的に説明する。この位置検出装置30は、ウエハW又はレチクルRの投影光学系PLの光軸AX方向位置、あるいは両者の光軸AX方向の相対位置（ずれ）を検出するいわゆる焦点位置検出装置として構成しても良く、あるいはウエハWとレチクルRのXY位置又は両者のXY面内で相対位置関係を検出するアライメント装置として構成しても良く、あるいは上記の如くその両方の機能を備えた位置検出装置として構成しても良い。

【0067】図4には、図1の位置検出装置30を焦点位置検出装置として構成した一構成例が示されている。この図4においては、XYステージ装置14等の構成部分は図示が省略されている。

【0068】この図4においては、レチクルR上の落射照明領域IBR内の任意の点が照明系10からのスポット状の照明光ILによって照明されている。また、この場合、センサユニット34は、レンズ38、ミラー40、レンズ42、分割光学素子としての瞳分割プリズム44及び一对の光電変換素子としてのビーム位置検出器46A、46Bを含んで構成されている。ここで、この位置検出装置30の検出原理について簡単に説明すると、レチクルR上の落射照明領域IBR内の任意の点がスポット状の照明光ILで照明されると、該照明光ILは投影光学系PLを介してこれと共にウエハW上の点IBWに投射される。そして、この照明光ILはウエハWの表面によって反射され、入射光路を逆向きに進んでビームスプリッタ32によって反射されて、レンズ38、ミラー40、レンズ42を経て瞳面に配置された瞳分割プリズム（プリズムビームスプリッタ）44に到達し、該瞳分割プリズム44によって2つの光束に分割され、一对のビーム位置検出器46A、46B上に光スポットを結像する。ウエハWがレチクルRのパターン形成面と共に位置からZ方向にデフォーカスしていると、ビーム位置検出器46A、46B上に結像される光スポットの光量の重心位置は、該ビーム位置検出器46A、46Bの受光面上で中心位置から左右（図4中ではY方向）にずれる。このずれ量、すなわちビーム位置検出器46A、46B上での光スポットの結像位置に応じたデフォーカス信号が信号処理装置36に入力され、この信号処理装置36では所定の信号処理を施すとともに所定の演算を行ってウエハW表面のZ位置（投影光学系PLの最良結像面からのZ方向の位置ずれ量）を求める。この場合、ビーム位置検出器は1つでもその受光面上での光スポットの光量の重心位置の変化に応じてウエハWのデフォーカス量を検出することは可能であるが、一对（2つ）のビーム位置検出器46A、46Bが設けられていることから、これら2つのビーム位置検出器46A、46Bからのデフォーカス信号を用いることにより、ウエハW表面が傾斜していてもその影響をほぼ確実

に排除して、高精度にウエハWのZ位置を求めることができる。なお、ビーム位置検出器46A、46Bとして、4分割受光素子等のビームの光量の重心位置の変化として2次元の位置ずれを検出可能な光電変換素子を用いる場合などには、これらの素子からの光電変換信号に基づいて所定の演算により、デフォーカス量とともにX、Y軸回りの傾斜を求める事も可能である。また、位置検出装置30において、信号処理装置36では信号処理のみを行い、デフォーカス量、相対位置ずれ等の演算は、主制御装置で行うようにしても良いことは勿論である。

【0069】ここで、レチクルRの反射が問題になるときは、図5に示されるように、図4のビームスプリッタ32に代えて偏光ビームスプリッタ48を用い、さらにレチクルRとウエハWとの間（図4ではレチクルRと投影光学系PLとの間）の光路上に四分の一波長板（ $\lambda/4$ 板）50を配置し、いわゆるアイソレータの構成としても良い。

【0070】この場合、照明系10から射出された照明光IL（所定の直線偏光）は、偏光ビームスプリッタ48を透過してレチクルR上の落射照明領域IBR内の任意の1点を照明する。次に、このレチクルRを通過した照明光ILは、四分の一波長板50を通過することにより、円偏光に変換される。そして、この照明光IL（円偏光）は投影光学系PLを介してレチクルRのパターン面と共にウエハW上の点IBWに投射される。そして、この照明光ILはウエハWの表面で反射され、入射光路を逆向きに進んで四分の一波長板50を通過することにより、位相が前と $\lambda/4$ （ $\pi/2$ ）異なる直線偏光に変換される。そして、この照明光ILは、偏光ビームスプリッタ48によって反射されて、レンズ38、ミラー40、レンズ42を経て瞳分割プリズム44に到達し、該瞳分割プリズム44によって2つの光束に分割され、一对のビーム位置検出器46A、46B上に光スポットを結像する。

【0071】この一方、レチクルRのパターン面で反射された照明光ILは、偏光ビームスプリッタ48に達するが、これをそのまま透過して照明系10の方に進み、レンズ38には全く入射しない。従って、図5のようにすれば、レチクルRからの反射光の影響を遮断することが可能である。

【0072】上記と反対に、レチクルRの回路パターンの描画面のZ位置を検出する場合には、図6に示されるように、遮光部材としてのシャッタ52をレチクルRとウエハWとの間（図6ではレチクルRと投影光学系PLとの間）の光路上に挿入すればよい。この図6のような構成は、デバイスルール（最小線幅）が小さくなるにつれ、必要度が高くなるものと予想される。すなわち、両側テレセントリックの投影光学系と言ってもウエハ側はともかく、レチクル側まで厳密にテレセントリックに調

整することは殆ど困難であり、レチクル側が僅かながら非テレセントリックになっているのが通常である。このため、レチクルRのZ方向位置ずれ（フォーカス誤差）は、結果的にウエハW面上での像の横ずれの原因となる。かかる横ずれは、最小線幅が0.25 μm、0.17 μm以下の次世代、次次世代の回路デバイスを量産する将来の露光装置では、無視できなくなると予想されるので、レチクルRの回路パターンの描画面のZ位置を検出する必要性が高くなるからである。

【0073】この一方、ウエハ面のZ位置（投影光学系PLの光軸方向位置）を検出する焦点位置検出装置として現在用いられている斜入射光式の装置の如く間接的に像面の位置を検出する装置では、次世代、次次世代の露光装置に要求されるスキャン露光中の投影光学系の像面のZ位置の計測及びフォーカシング精度の更なる向上に対応できず、また解像力の向上に伴う投影光学系の高N.A.化によるワーリングディスタンスの縮小化にも対応できないため、先に説明した図4や図5のような焦点位置検出装置の必要性も高くなる。

【0074】このような理由により、図5（又は図4）の焦点位置検出装置と図6の焦点位置検出装置とを同時に用いる必要性も高い。かかる場合には、投影光学系PLのイメージサークル内で視野分割（検出用の照明領域を分割配置）すれば良い。具体的には、例えば、非走査方向（X方向）に長いスリット状の照明領域をY方向に並置し、その一方を図5（又は図4）の焦点位置検出装置によるウエハWのZ位置検出用照明領域として用い、他方をレチクルRの回路パターン描画面のZ位置検出用照明領域として用いれば良い。

【0075】いずれにしても前述した図1の位置検出装置30を採用する本第1の実施形態の走査型露光装置100によると、先に説明した走査露光の際に、位置検出装置30によって露光用照明光ILによって投影光学系PLの収差による影響を受けることなく、レチクルR及びウエハWのX、Y、Z位置及び両者のX、Y、Z方向の相対位置の任意の1つ、あるいは任意の組み合わせを高精度に検出することができる。従って、主制御装置20では、この位置検出装置30からの検出信号に基づいて、レチクルRとウエハWの同期移動中にステージ制御系19、不図示のレチクルステージ駆動系及びウエハ駆動装置21等を介してレチクルステージRSTや基板テーブル18を所定の方向（Z軸方向及び傾斜方向を含む）に駆動することにより、走査露光中にレチクルRとウエハWとのXY方向の相対位置合わせ（アライメント）や、レチクルRのパターン面とウエハW表面とが投影光学系PLに関して共役となるように、かつ投影光学系PLの結像面とウエハW表面とが一致する（ウエハ表面が投影光学系PLの最良結像面の焦点深度の範囲内に入る）ような面位置の調整を、将来の要求に応えられる程度に高精度に行うことができる。従って、重ね合せ精

度を含む露光精度を向上させることができる。

【0076】また、本実施形態に係る走査型露光装置100では、前述の如く、実際の露光に先立って、回路パターンのX、Y、Z位置を検出することができ、いわゆる先読み制御が可能なよう、露光用照明領域IARと検出用照明領域IBRとの配置が定められている（図2参照）ので、制御応答遅れが発生し難く、位置合わせの精度向上が期待される。かかる意味では、露光用照明領域の走査方向の一側と他側にそれぞれ検出用照明領域を配置するような視野分割を行い、いわゆる交互スキャン、例えば完全交互スキャンに対応できるようにすることが一層望ましい。

【0077】更に、本実施形態では先読み制御のための検出用照明領域IBRと露光用照明領域IARとが走査方向に並置されているにもかかわらず、図2からも明らかのように、いわゆるダブルフライアイレンズ等により照度均一性を高くするだけで、2つの照明領域IAR、IBRに照射される露光光の光量の走査方向（Y方向）の積算値が非走査方向（X方向）についてほぼ均一となるので、露光量ムラを防止することは容易である。なお、露光量ムラを防止するためND（ニュートラルデンシティ）フィルタによって光量分布を照明領域内で制御しても良いことは勿論である。

【0078】《第2の実施形態》次に、本発明の第2の実施形態を図7～図8に基づいて説明する。ここで、前述した第1の実施形態と同一若しくは同等の構成部分については同一の符号を用いるとともに、その説明を簡略にし若しくは省略するものとする。

【0079】この第2の実施形態に係る走査型露光装置110は、前述した第1の実施形態における位置検出装置としての焦点位置検出装置30の構成が多少異なる点、及びこれに伴い照明視野の分割方法が第1の実施形態と異なる点に特徴を有する。

【0080】図7に示される走査型露光装置110に備えられた焦点位置検出装置30は、照明系10とレチクルRとの間に斜設されたビームスプリッタ32と、センサユニット54と、信号処理装置36とを含んで構成されている。

【0081】この図7の走査型露光装置110においては、レチクルR上の落射照明領域IBRが照明系10からの照明光ILによって照明されている。図8には、この走査型露光装置110におけるレチクルR側の投影光学系PLのイメージサークルPL'内に設定された露光用照明領域IARと検出用照明領域（落射照明領域）IBR（IBR1とIBR2）、及びこれらに対応するウエハW側の投影光学系PLのイメージサークルPL内に形成される照明領域IAWと検出用照明領域（落射照明領域）IBW（IBW1とIBW2）が示されている。この図8は、フォーカス制御開始直前の状態を示したものである。この図8から明らかなように、イメージ

サークルPL'内に設定された露光用照明領域IARは、非走査方向(X方向)に細長い長方形の両端部が一部三角形状に切り取られた形状を有しており、2つの照明領域IBR1、IBR2が丁度この切り取られた三角形状を有し、これら2つの照明領域IBR1、IBR2は、本露光(レチクルパターン像転写のための露光)に先立って、フォーカス制御動作(いわゆる先読み制御)を開始できるような位置、すなわち照明領域IARから極く僅かに走査方向(Y方向)に離れた位置にそれぞれ配置されている。このように、本実施形態では先読み制御のため2つの照明領域IBR1、IBR2と露光用照明領域IARとが走査方向に並置されているにもかかわらず、いわゆるダブルフライアイレンズ等により照度均一性を高くするだけで、3つの照明領域IAR、IBR1、IBR2に照射される露光光の光量の走査方向(Y方向)の積算値が非走査方向(X方向)についてほぼ同一となるので、露光量ムラを防止すること容易である。なお、露光量ムラを防止するための手法は、本実施形態の如く、照明領域の分割形状(スリット幅の変化の形状)を工夫する他、ND(ニュートラルデンシティ)フィルタによって光量分布を照明領域内で制御しても良い。但し、本実施形態の如く、照明領域の分割部分の境界線を斜め線にすることで露光用照明領域IARと、検出用照明領域IBR1、IBR2のX方向の位置ずれがあっても、積算露光量のX方向についてのバラツキは僅かとなり、パターン転写像が殆ど劣化することがないようになるというメリットがある。上記3つの照明領域IAR、IBR1、IBR2は照明系10内部の固定レチクルブラインドによって規定される。

【0082】図7に戻り、前記センサユニット54は、レンズ38、ミラー40、レンズ42、及び分割光学素子としてのビームスプリッタ56、及び第1、第2の撮像素子としてのCCDカメラ58A、58B等を含んで構成されている。前述の如く、本実施形態では、検出用照明領域が2つ設けられているので、これに対応してセンサユニット54も実際には2つ設けられている。

【0083】ここで、図7に示される焦点位置検出装置30の検出原理について簡単に説明すると、レチクルR上の落射照明領域IBR1、IBR2が照明光ILで照明されると、該照明光はILは投影光学系PLを介してウエハW上の照明領域IBW1、IBW2にそれぞれ投射される。そして、この照明光ILはウエハWの表面によって反射され、入射光路を逆向きに進んでビームスプリッタ32によって反射されて、レンズ38、ミラー40、レンズ42を経て、ビームスプリッタ56によって2分割される。この内、ビームスプリッタ56を透過した光束は、ウエハW表面の共役面に対して所定量だけ光路前方側にデフォーカスした位置にその光検知面(撮像面)が配置されたCCDカメラ58Aに入射する。一方、ビームスプリッタ56で反射された光束は、ウエハ

W表面の共役面に対して前記所定量だけ光路後方側にデフォーカスした位置にその光検知面が配置されたCCDカメラ58Bに入射する。

【0084】この場合、レチクルRの回路パターン(物体)の像の形成される像面にウエハW表面を合わせることが目的であるから、レチクル側の照明領域IBR1、IBR2内に所定のパターン、例えばレチクルアライメントマークRMがある状態で、このレチクルアライメントマークRMの直接像及びこのウエハW面上への投影像の光束を前記の如くしてCCDカメラ58A、58Bの撮像面上で結像させて、これらのCCDカメラ58A、58Bの撮像信号を信号処理装置36で画像処理して得られた画像データを主制御装置20に供給することにより、主制御装置20ではそれぞれのCCDカメラ58A、58Bから得られる画像データによる画像のコントラストに基づいて、フォーカシングエラー(位置誤差)を検出し、この位置誤差がなくなるように、すなわち両画像のコントラストがほぼ一致するように、ステージ制御系19、ウエハ駆動装置21、及び不図示のレチクルステージ駆動系を介してウエハテーブル18、レチクルステージRSTのどちらか一方又は両方の位置を調整することによって、オートフォーカスを実行する。ここで、上記のフォーカシングエラー(位置誤差)の検出及びオートフォーカスの動作は、レチクルRとウエハWの同期移動中に行われる所以、レチクルアライメントマークRMの直接像又はウエハWによる反射像の取り込み中にも、レチクルR、ウエハWは移動するため、CCDカメラ58A、58Bとしては、TDI(Time Delay Integration; 時間遅延積分)センサを用いることが望ましい。TDIセンサは、画像の動きに垂直方向のクロック及びTDI転送方向を同期(一致)させることにより、電荷をTDIの段数に応じて加算する。従って、ラインスキャンセンサに比べてTDIの段数倍(例えば、32、64、96倍)の露光時間を与えて高感度な撮像が可能になる。また、このTDIセンサによると、解像度やスキャニング速度を犠牲にすることなく、平均化効果によりノイズが減少してSN比が向上するというメリットがある。勿論、通常のCCDの2次元センサを用いても良い。

【0085】その他の部分の構成等は、前述した第1の実施形態と同様になっている。

【0086】以上のようにして構成された本第2の実施形態の走査型露光装置110によると、先に説明した走査露光の際に、焦点位置検出装置30によって露光用照明光ILを用いて投影光学系PLの収差による影響を受けることなく、レチクルR及びウエハWのZ位置又は両者のZ方向の相対位置を高精度に検出することができる。従って、主制御装置20では、この焦点位置検出装置30からの検出信号に基づいて、レチクルRとウエハWの同期移動中にステージ制御系19、不図示のレチク

ルステージ駆動系及びウエハ駆動装置21等を介してレチクルステージRSTや基板テーブル18を所定の方向(Z軸方向)に駆動することにより、走査露光中にレチクルRのパターン面とウエハW表面とが投影光学系PLに関して共役となるように、かつ投影光学系PLの結像面とウエハW表面とが一致する(ウエハ表面が投影光学系PLの最良結像面の焦点深度の範囲内に入る)ような面位置の調整を、将来の要求に応えられる程度に高精度に行うことができる。従って、露光精度を向上させることができる。

【0087】《第3の実施形態》次に、本発明の第3の実施形態を図9～図11に基づいて説明する。ここで、前述した第1の実施形態と同一若しくは同等の構成部分については同一の符号を用いるとともに、その説明を簡略にし若しくは省略するものとする。

【0088】この第3の実施形態に係る走査型露光装置120は、前述した第1の実施形態における位置検出装置としてアライメント装置30が設けられている点、及びこれに伴い照明視野の分割方法として前述した第2の実施形態と同様のものが採用されている点に特徴を有する。

【0089】図9に示される走査型露光装置120に備えられたアライメント装置30は、照明系10とレチクルRとの間に斜設されたビームスプリッタ32と、センサユニット64と、信号処理装置36とを含んで構成されている。

【0090】走査型露光装置120においては、レチクルR上の落射照明領域IBRが照明系10からの照明光ILによって照明されている。図10には、この走査型露光装置120におけるレチクルR側の投影光学系PLのイメージサークルPL'内に設定された露光用照明領域IARと検出用照明領域(落射照明領域)IBR(IBR1とIBR2)、及びこれらに対応するウエハW側の投影光学系PLのイメージサークルPL"内に形成される照明領域IAWと検出用照明領域(落射照明領域)IBW(IBW1とIBW2)が示されている。この図10は、アライメント制御開始直前の状態を示したものである。この図10から明らかなように、本実施形態では、イメージサークルPL'内に設定された露光用照明領域IARは、非走査方向(X方向)に細長い長方形の両端部が一部三角形状に切り取られた形状を有しており、2つの照明領域IBR1、IBR2が丁度この切り取られた三角形状を有し、これら2つの照明領域IBR1、IBR2は、本露光(レチクルパターン像転写のための露光)に先立って、アライメント制御動作(いわゆる先読み制御)を開始できるような位置、すなわち照明領域IARから極く僅かに走査方向(Y方向)に離れた位置にそれぞれ配置されている。

【0091】図9に戻り、前記センサユニット64は、レンズ38、ミラー40、レンズ42、及び撮像素子と

してのCCDカメラ58等を含んで構成されている。前述の如く、本実施形態では、検出用照明領域が2つ設けられているので、これに対応してセンサユニット64も実際には2つ設けられている。

【0092】ここで、図9に示されるアライメント装置30の検出原理について簡単に説明すると、レチクルR上の落射照明領域IBR1、IBR2が照明光ILで照明されると、該照明光はILは投影光学系PLを介してウエハW上の照明領域IBW1、IBW2にそれぞれ投射される。そして、この照明光ILはウエハWの表面によって反射され、入射光路を逆向きに進んでビームスプリッタ32によって反射されて、レンズ38、ミラー40、レンズ42を経て、CCDカメラ58に入射する。この場合、CCDカメラ58の光検知面(撮像面)はウエハW表面と共に役になっており、アライメント装置30では、レチクルRの透明部及び投影光学系PLを介してウエハW上の回路パターンや位置合わせマークとしてのウエハアライメントマーク(ウエハマーク)WMを観察できる。これと、同時にレチクルR上の回路パターンとレチクルアライメントマーク(レチクルマーク)RMも観察可能なので、これらの相対的な位置関係を検出することが可能である。

【0093】例えば、レチクルマークRM1、RM2をウエハマークWM1、WM2に合わせる場合、レチクル側の照明領域IBR1、IBR2内にレチクルアライメントマークRM1、RM2があり、該マークRM1、RM2が形成されたレチクルパターン面と共にウエハW側の照明領域IBW1、IBW2内にウエハマークWM1、WM2がある状態で、CCDカメラ58でこれらの画像を取り込み、このCCDカメラ58の撮像信号を信号処理装置36で画像処理するとともに、その結果得られた画像データに基づいて所定の演算によりアライメントエラー、すなわちレチクルマークRM1とウエハマークWM1とのXY面内での相対位置ずれ、及びレチクルマークRM2とウエハマークWM2とのXY面内での相対位置ずれを算出する。そして、このアライメントエラーの算出結果が主制御装置20に通知され、主制御装置20ではこのアライメントエラーがともに最小となるよう、ステージ制御系19、ウエハ駆動装置21、及び不図示のレチクルステージ駆動系を介してウエハテーブル18、レチクルステージRSTのどちらか一方又は両方のXY位置を調整することによって、ウエハWとレチクルRの相対位置を逐次制御する。この場合も、上記のアライメントエラー(相対位置ずれ)の検出及び相対位置合わせの動作は、レチクルRとウエハWの同期移動中に行われることから、レチクルアライメントマークRM、ウエハマークWMの画像取り込み中にも、レチクルR、ウエハWは移動するため、CCDカメラ58としては、TDI(Time Delay Integration; 時間遅延積分)センサ又2次元CCDセンサを用いることが望ましい。

【0094】さらに、本実施形態では、図9に示されるように、レチクルRのZ方向上方に可動ブラインド装置としてのマークブラインド65が設けられている。このマークブラインド65は、図10に示されるように、レチクルRのX方向両側に配置されそれぞれY方向に延びる一対の移動体としての支持部材66A、66Bと、これらの支持部材66A、66BによってレチクルRに対してそれぞれ保持された各3つ合計6つの減光部材としての透過光減衰部材68とを備えている。支持部材66A、66Bは、不図示の駆動系によりXY面内でY方向に、レチクルRと同じ向きに同じ速度で走査される。ここで、前記6つの透過光減衰部材68は、不図示の駆動機構により支持部材66A、66Bに対してY方向に相対移動可能されており、この駆動機構が主制御装置20によって制御される。通常、主制御装置20では走査露光の開始に先立って、レチクルマークRM1～RM6にそれぞれ対向する位置に、各透過光減衰部材68を移動させる。これは、レチクルマークRM1～RM6に当たる照明光ILの光量をウエハW上のレジストが感光しない程度まで減衰させるためである。透過光減衰部材68としては、例えばガラス上にクロム膜などの金属膜が形成されたもの、又はメッシュ上の金属網などが用いられる。なお、マークブラインド65は、照明系10内部に配置しても良く、その場合には可動ブラインドを構成する各ブレードに透過光減衰部材を取り付ければ良い。

【0095】その他の部分の構成等は、前述した第1の実施形態と同様になっている。

【0096】次に、本第3の実施形態の走査型露光装置120による複数レイヤ(層)のレチクルパターンをウエハW上に重ね焼きする際の動作の流れを簡単に説明する。

【0097】先ず、最初に、前述した如くして、レチクルRの初期位置設定、すなわちレチクルアライメントが行われる。

【0098】この状態で、前述したステップ・アンド・スキャン方式の走査露光が行われ、ファーストレイヤ(第1層)の回路パターンがウエハW上の各ショット領域に順次転写される。このファーストレイヤの回路パターンの転写の際には、レチクルブラインド65は、所定の待機位置、例えば図10の位置にそのまま停止しており、レチクルステージRSTのみが基板テーブル18とY方向に同期移動する。このため、レチクルR上のレチクルマークRM1～RM6が、回路パターンとともにウエハW上の各ショット領域内またはショット間のストリートライン上に転写される。

【0099】その後、後に詳細に説明するように、現像等の処理が行われ、セカンドレイヤ(第2層)のレチクルRのレチクルアライメント等の処理の後、第2層(セカンドレイヤ)の回路パターン転写のためのステップ・アンド・スキャン方式の走査露光が行われるが、この第

2層の回路パターンの転写のための走査露光の際には、主制御装置20ではウエハW上のレジストを介して(レジスト越し)に、ウエハW上のアライメントマークWMを検出することになる。従って、このとき、主制御装置20では前述したマークブラインド65をレチクルステージRSTと同期させてY方向に移動し、照明領域IBW1、IBW2に照射される光の光量が、ウエハW上のレジスト層の下に形成されたアライメントマークの位置検出に十分な光量かつ、レジストを感光させない光量となるようにする。なお、アライメント精度が必要になるときは、照明光の輝度は増加させずに、マークの面積を増加させる。

【0100】図11(A)～(C)には、一例としてセカンドレイヤ(第2層)以降の露光の際のアライメントに用いられるウエハW上に形成されたアライメントマーク(ウエハマーク)部分の断面図が示されている。図11(A)のアライメントマークは、シリコンウエハW'上に、第1層目の材質、例えばSiO膜80によって形成され、その上にレジスト層82が形成されている。また、図11(B)のアライメントマークは、シリコンウエハW'上に、例えばSiO膜80によって形成され、さらにその上にアルミ層84がスパッタされ、さらにその上にレジスト層82が形成されている。図11(C)のアライメントマークは、最近見られるようになったもので、シリコンウエハW'上に、例えばSiO膜80によって形成され、さらにその上にアルミ層84がスパッタされ、そのアルミ層84をウエハ平坦化技術の1つであるCMP(ケミカルメカニカルポリッシング)やエッチングによって平坦化し、その上にレジスト層82を形成したものである。この図11(C)のようにCMPによって平坦化したウエハ上にレジストを塗布する場合には、レジスト層を薄く塗布できるという効果があることが知られている。

【0101】図11(A)～(C)はアライメントマーク部分の例であるがアライメントマーク以外の回路パターンもこのような構造になっており、実際の回路パターンを用いてアライメントを行う場合も、事情は同じである。しかし、レチクルRのパターン領域を介してウエハW上に既に形成されたパターンを検出する際は観察できる場所はレチクルR上のパターンの光透過部分に制約される。

【0102】セカンドレイヤの露光の際には、図11から明らかのように、レジスト層82を介してアライメントマークWM(80)を検出することになる。露光波長に対し、レジスト層の透過率は様々であるが、今後主流となるとみられる化学增幅型レジストは露光波長に対する透過率が高いため、本実施形態のように露光光を照明光として用いてアライメントマークの位置検出を行う場合、化学增幅型レジストを用いればレジスト層の下にあるアライメントマークを直接観察することが可能であ

り、レジスト層の膜の厚さムラなどに起因するアライメントエラー（位置検出誤差）を低減することができる。

【0103】また、現在一般的に使われているポジ型レジストは化学増幅型レジストに限らず、ガンマ値が高く、コントラストが高い。すなわち、ある露光量（適正露光量）を閾値として一挙にレジスト膜の膜減りが進行するため、適正露光量に達するまでは現像しても何の像も転写しない。この性質を応用し、適正露光量以下のエネルギーでウエハW上のアライメントマーク（ウエハマーク）WMを観察すればウエハマークWM上のレジストを感光させずにマーク検出が行え、現像処理後も、ウエハマークWM上のレジスト膜の厚さが減少することはなく、結果的に現像後のプロセス（エッチャング、CVDなど）によってウエハマークWMが荒らされることがレジスト膜の存在によって防止される。このような意味から、本実施形態の走査型露光装置120でもウエハW上のウエハマークWM部分のレジストを感光させずに、レチクルマークRMとウエハマークWMの相対位置ずれを検出できることが望ましい。

【0104】かかる点を考慮して、本実施形態の走査型露光装置120では、前述したマークブラインド65を設け、主制御装置20が走査露光の開始に先立って、レチクルマークRM1～RM6にそれぞれ対向する位置に、各透過光減衰部材68を移動させ、レチクルマークRM1～RM6部分に当たる照明光ILの光量をウエハW上のレジストが感光しない程度まで減衰させた状態で、走査露光を開始し、この際にマークブラインド65をレチクルステージRSTと同期移動させることとしたものである。

【0105】その他の部分の構成等は、前述した第1の実施形態と同様になっている。

【0106】以上のようにして構成された本第3の実施形態の走査型露光装置120によると、先に説明した走査露光の際に、アライメント装置30によって露光用照明光ILを用いて投影光学系PLの収差による影響を受けることなく、レチクルRとウエハWとのXY方向の相対位置を高精度に検出することができる。従って、主制御装置20では、このアライメント装置30からの検出信号に基づいて、レチクルRとウエハWの同期移動中にステージ制御系19、不図示のレチクルステージ駆動系及びウエハ駆動装置21等を介してレチクルステージRSTや基板テーブル18を所定の方向（X、Y方向）に駆動することにより、走査露光中にレチクルRのパターンとウエハWの各ショット領域に既に形成された回路パターンとを高精度に位置合わせすることができ、重ね合せ精度を向上させることができる。また、走査露光中にレチクルRを介してウエハW上のウエハトマークWMを検出するにもかかわらず、ウエハマークWM上のレジストを感光させずにマーク検出ができるので、ウエハマーク（アライメントマーク）があらされることもない。

【0107】また、本実施形態においても、3つの照明領域IAR、IBR1、IBR2に照射される露光光の光量の走査方向（Y方向）の積算値が非走査方向（X方向）についてほぼ均一となり、露光量ムラが防止されている。また、検出用照明領域IBR1、IBR2のX方向の位置ずれがあつても、積算露光量のX方向についてのバラツキは僅かとなり、パターン転写像が殆ど劣化することがないようになるというメリットがある。

【0108】なお、他のレイヤの露光の際に用いられるレチクルRのアライメントマークRM1'～RM6'、ウエハWのアライメントマークWM1'～WM6'の位置が、図12に示されるように、図10の場合と異なる場合には、図12に示されるように、主制御装置20では走査露光の開始に先立って、透過光減衰部材68をY方向にシフトさせ、レチクルマークRM1'～RM6'に対向する位置に初期設定し、この状態でレチクルRと同一方向同一速度でマークブラインド65をY方向に走査すれば良い。これにより、いわゆるマークの打ち替えが行われたときにも容易に対応が可能である。図12においては、図10の場合のレチクルアライメントマークRM1～RM6が点線で示されている。

【0109】《第4の実施形態》次に、本発明の第4の実施形態を図13～図15に基づいて説明する。ここで、前述した第3の実施形態と同一若しくは同等の構成部分については同一の符号を用いるとともに、その説明を省略するものとする。この第4の実施形態の走査型露光装置では、その構成は、基本的には前述した第3の実施形態とほぼ同様になっているが、投影光学系PLのイメージサイクルPL'内の照明領域の視野分割の方法が異なる。

【0110】図13には、第4の実施形態に係る走査型露光装置のイメージサークルPL'内の視野分割の方法とアライメントマーク位置、形状を説明するための図が示されている。本実施形態は、本発明に係る位置検出方法によると、露光光を検出光として用いる関係から投影光学系PLを介してマーク検出が可能であり、大N.A.でアライメントマークの像を検出できるという点に着目した実施形態である。すなわち、大きなN.A.によりアライメントマークを検出する場合、アライメントマークを微細化できるので露光用照明領域IARの非走査方向両端部の微小幅の帯状領域を検出用照明領域IBR1、IBR2として利用するものである。

【0111】図13の上側は投影光学系PLのレチクルR側のイメージサークルPL'と各照明領域を示し、下側は投影光学系PLのウエハW側のイメージサークルPL"と各照明領域を示す。

【0112】レチクルR側では照明領域IBR1、IBR2、ウエハW側では照明領域IBW1、IBW2が検出用照明領域、すなわちX、Yアライメント用照明領域である。この領域に対応するレチクルR上の領域、具体

的にはパターン描画エリア（パターン領域）PAの非走査方向（X方向）の両側にアライメントマーク描画エリアALA1、ALA2があり、各アライメントマーク描画エリアにはスキャン中逐次同期制御を行えるだけのX、Y方向のアライメントマークが書き込まれている。

【0113】第1層（ファーストレイヤ）の走査露光に際しては、レチクルR上の照明領域IAR、IBR1、IBR2が露光光によって照明され、ウエハW上のショット領域Sに回路パターン（Fパターン）が転写される。この際、そのショット領域SのX方向の両端のストリートラインの領域WMA1、WMA2にレチクルRの照明領域IBR1、IBR2に照射され、アライメントマーク描画エリアALA1、ALA2部分を透過した光束が、投影光学系PLによってウエハW上のアライメント用照明領域IBW1、IBW2内に照射され、アライメントマークの像が転写されウエハマークWMが形成される。このウエハマークWMはセカンドレイヤ以降の露光の際の重ね合せのためのX、Yのアライメントに用いられるものである。

【0114】セカンドレイヤ以降の露光の際には、前述の如く、レジスト層を介してアライメントマークWMを検出することになる（図11参照）。このとき、前述の如く、照明領域IBW1、IBW2がアライメントマークWMを当該アライメントマークWMの位置検出に十分な光量かつ、レジストを感光させない光量で照明することが重要である。アライメント精度が必要になるときは照明光の輝度は増加させずに、マーク面積を増加させれば良い。

【0115】このため、本第4の実施形態においても、図14に示されるように、レチクルRのZ方向上方にマークブラインド65が設けられている。このマークブラインド65は、レチクルRのX方向両側に配置されそれぞれY方向に延びる一対の移動体としての支持部材66A、66Bと、これらの支持部材66A、66BによってレチクルRに対向してそれぞれ保持された減光部材としての板状の透過光減衰部材68とを備えている。この場合、透過光減衰部材68は支持部材66A、66Bに対して固定で良い。支持部材66A、66Bは、不図示の駆動系によりXY面内でY方向に、レチクルRと同じ向きに同じ速度で走査される。これにより、アライメントマークRMに当たる照明光ILの光量をウエハW上のレジストが感光しない程度まで減衰させることができ、これにより、第3の実施形態と同様に、現像後のプロセス（エッ칭、CVDなど）によってウエハW上のアライメントマークが荒らされることがレジスト膜の存在によって防止される。

【0116】図15には、本第4の実施形態の走査型露光装置に最適なウエハW上のアライメントマークの形成方法の一例が示されている。通常のLSIプロセスにおいて、ウエハW上のアライメントマークは6～7種類の

物質の膜によって形成される。ウエハW上のパターン描画領域（ショット領域）S内にX、Yそれぞれ7種類程度のアライメントマークを描画する必要があるので、図15に示されるように分離してアライメントマークWM1～WM7を形成する。アライメントマークWM1～WM7の占有するX方向の幅Dは小さい程良いが、実用的にはウエハWを切断して複数のLSIチップに分離する際に用いるダイシングソー（鋸）の歯の幅（隣接ショットS相互間のストリートラインWMAの幅にほぼ一致）が100μm程度であるのでその程度以内なら支障はない。

【0117】なお、上記第2～第4実施形態では、走査型露光装置が位置検出装置として焦点位置検出装置、アライメント装置のいずれかを備えた場合について説明したが、本発明がこれに限定されることは勿論である。すなわち、本発明によれば、検出光として露光光を用いるため、投影光学系を介してウエハ面、ウエハW上のアライメントマーク（又は回路パターン）の検出を行うことができ、投影光学系の視野を必要な数だけ分割することにより、ウエハWのX、Y、Z位置とレチクルのX、Y、Z位置との任意の組み合わせを同時に検出することができる。先に説明した第1の実施形態と同様に、スキャン露光中に3次元のアライメントを行うようにしても勿論良い。

【0118】なお、上記各実施形態では、投影光学系PLの投影視野内の複数の照明領域を露光光により照明し、レチクルRとウエハWとの同期移動中に、前記複数の照明領域の一部を検出用照明領域として、レチクルRとウエハWとの相対位置関係をその検出用照明領域に照射される露光光を使って光学的に検出するものとしたが、本発明に係る走査露光方法がこれに限定されるものではない。すなわち、投影光学系PLの投影視野内の照明領域の視野分割を行うことなく、すなわちブラインドによって照明領域を区画することなく、単一の照明領域の少なくとも一部を検出用照明領域として、レチクルRとウエハWの同期移動中に、レチクルR及びウエハWの位置あるいは両者の相対位置関係をその検出用照明領域に照射される露光光を使って光学的に検出し、この検出結果に基づいてレチクルRとウエハWとの位置関係を調整しながら、スキャン露光を行うようにしても良い。この場合、照明領域を1つにしてその照明光路内の例えばレチクルRの上方に上記実施形態と同様にビームスプリッタ32を挿入して、いわゆるTTR（through-the-particle）タイプのセンサを構成するようにすれば良い。

【0119】《デバイス製造方法》次に、上述した走査型露光装置及び走査露光方法をリソグラフィ工程で使用したデバイスの製造方法の実施形態について説明する。

【0120】図16には、デバイス（ICやLSI等の半導体チップ、液晶パネル、CCD、薄膜磁気ヘッド、マイクロマシン等）の製造例のフローチャートが示され

ている。図16に示されるように、まず、ステップ201(設計ステップ)において、デバイスの機能・性能設計(例えは、半導体デバイスの回路設計等)を行い、その機能を実現するためのパターン設計を行う。引き続き、ステップ202(マスク製作ステップ)において、設計した回路パターンを形成したマスクを製作する。一方、ステップ203(ウエハ製造ステップ)において、シリコン等の材料を用いてウエハを製造する。

【0121】次に、ステップ204(ウエハ処理ステップ)において、ステップ201～ステップ203で用意したマスクとウエハを使用して、後述するように、リソグラフィ技術等によってウエハ上に実際の回路等を形成する。次いで、ステップ205(デバイス組立ステップ)において、ステップ204で処理されたウエハを用いてデバイス組立を行う。このステップ205には、ダイシング工程、ボンディング工程、及びパッケージング工程(チップ封入)等の工程が必要に応じて含まれる。

【0122】最後に、ステップ206(検査ステップ)において、ステップ205で作製されたデバイスの動作確認テスト、耐久性テスト等の検査を行う。こうした工程を経た後にデバイスが完成し、これが出荷される。

【0123】図17には、半導体デバイスの場合における、上記ステップ204の詳細なフロー例が示されている。図17において、ステップ211(酸化ステップ)においてはウエハの表面を酸化させる。ステップ212(CVDステップ)においてはウエハ表面に絶縁膜を形成する。ステップ213(電極形成ステップ)においてはウエハ上に電極を蒸着によって形成する。ステップ214(イオン打込みステップ)においてはウエハにイオンを打ち込む。以上のステップ211～ステップ214それぞれは、ウエハ処理の各段階の前処理工程を構成しており、各段階において必要な処理に応じて選択されて実行される。

【0124】ウエハプロセスの各段階において、上述の前処理工程が終了すると、以下のようにして後処理工程が実行される。この後処理工程では、まず、ステップ215(レジスト形成ステップ)において、ウエハに感光剤を塗布する。引き続き、ステップ216(露光ステップ)において、上で説明した露光装置及び露光方法によってマスクの回路パターンをウエハに転写する。次に、ステップ217(現像ステップ)においては露光されたウエハを現像し、ステップ218(エッチングステップ)において、レジストが残存している部分以外の部分の露出部材をエッチングにより取り去る。そして、ステップ219(レジスト除去ステップ)において、エッチングが済んで不要となったレジストを取り除く。

【0125】これらの前処理工程と後処理工程とを繰り返し行うことによって、ウエハ上に多重に回路パターンが形成される。

【0126】以上説明した本実施形態のデバイス製造方

法を用いれば、露光工程(ステップ216)において上記の走査型露光装置100、110、120及びその露光方法が用いられるので、従来製造が困難であった高集積度のデバイスを歩留まり良く生産することが可能になる。すなわち、本発明の露光方法では上記各実施形態で説明したように、走査露光中にフォーカス制御、XYアライメント制御を常に行うことができる所以、256M(メガ)ビット、1G(ギガ)ビットDRAMクラスの集積度を有し、最小線幅が0.25μm、0.17μm以下の次世代、次々世代の回路デバイスの量産においても大きな効果を発揮するものと期待される。

【0127】なお、上記実施形態では、本発明がステップ・アンド・スキャン方式の投影露光装置に適用された場合について説明したが、これに限らず、例えば投影光学系を用いることなくマスクと基板とを密接させてマスクのパターンを基板に転写するプロキシミティ方式の走査型露光装置にも本発明を適用することができる。また、上記実施形態では、本発明が半導体製造用の露光装置に適用された場合について説明したが、これに限らず、例えば、角型のガラスプレートに液晶表示素子パターンを転写する液晶用の露光装置や、薄膜磁気ヘッドを製造するための露光装置にも本発明は広く適用できる。

【0128】また、上記各実施形態では、露光用照明光としてg線(436nm)、i線(365nm)、KrFエキシマレーザ光(248nm)、ArFエキシマレーザ光(193nm)、F<sub>2</sub>レーザ光(157nm)、銅蒸気レーザ、YAGレーザの高調波等を用いる場合について説明したが、これに限らず、X線や電子線などの荷電粒子線を用いることができる。例えば、電子線を用いる場合には電子銃として、熱電子放射型のランタンヘキサボライト(LaB<sub>6</sub>)、タンタル(Ta)を用いることができる。

【0129】また、上記各実施形態では、投影光学系として縮小系を用いる場合について説明したが、これに限らず、投影光学系として等倍あるいは拡大系用いても良い。

【0130】また、投影光学系の硝材は、露光用照明光に応じたものを用いる必要がある。すなわち、エキシマレーザなどの遠紫外線を用いる場合は硝材として石英や萤石などの遠紫外線を透過する材料を用い、F<sub>2</sub>レーザやX線を用いる場合は反射屈折系または反射系の光学系にし(レチクルも反射型タイプのものを用いる)、また、電子線を用いる場合には光学系として電子レンズおよび偏向器からなる電子光学系を用いれば良い。なお、電子線が通過する光路は真空状態にすることはいうまでもない。

【0131】また、ウエハステージやレチクルステージにリニアモータ(米国特許第5,623,853号又は米国特許第5,528,118号の公報参照)を用いる場合は、エアペアリングを用いたエア浮上型およびロー

レンツ力又はリアクタンス力を用いた磁気浮上型のどちらを用いても良い。

【0132】また、ステージは、ガイドに沿って移動するタイプでも良いし、ガイドを設けないガイドレスタイプでも良い。

【0133】ウエハステージの移動により発生する反力は、特開平8-166475号公報（米国特許第5, 528, 118号）に記載されているように、フレーム部材を用いて機械的に床（大地）に逃がしても良い。

【0134】レチクルステージの移動により発生する反力は、特開平8-330224号公報（米国特許出願シリアルナンバー416558号）に記載されているように、フレーム部材を用いて機械的に床（大地）に逃がしても良い。

【0135】複数のレンズから構成される照明光学系、投影光学系を露光装置本体に組み込み光学調整をするとともに、多数の機械部品からなるレチクルステージやウエハステージを露光装置本体に取り付けて配線や配管を接続し、更に総合調整（電気調整、動作確認等）することにより本実施形態の露光装置を製造することができる。なお、露光装置の製造は温度およびクリーン度等が管理されたクリーンルームで行うことが望ましい。

【0136】

【発明の効果】以上説明したように、本発明に係る位置検出方法によれば、走査露光中に感應基板又はマスクの位置を高精度に検出することができるという効果がある。

【0137】また、本発明に係る位置調整方法によれば、走査露光中に感應基板又はマスクの位置を高精度に調整することができるという効果がある。

【0138】また、本発明に係る走査露光方法によれば、露光精度を一層向上させることができるという効果がある。

【0139】また、本発明に係る走査型露光装置によれば、走査露光中に感應基板又はマスクの位置を高精度に検出することができ、露光精度を一層向上させることができるという従来にない優れた効果がある。

【0140】また、本発明に係るデバイス製造方法によれば、高集積度のマイクロデバイスの生産性の向上を図ることができるという効果がある。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】第1の実施形態の走査型露光装置の概略構成を示す図である。

【図2】図1の装置の走査露光動作を説明するための図、かつ投影光学系のイメージサークル内の視野分割方法を説明するための図である。

【図3】図2の状態からレチクルとウエハが同期移動され、ウエハ上にレチクルパターンが転写された状態を示す図である。

【図4】図1の位置検出装置を焦点位置検出装置として

構成した一構成例を示す図である。

【図5】図4の位置検出装置を一部変形した位置検出装置の他の構成例を示す図である。

【図6】図4の位置検出装置を一部変形した位置検出装置のその他の構成例を示す図である。

【図7】第2の実施形態の走査型露光装置の概略構成を示す図である。

【図8】図7の装置の投影光学系のイメージサークル内の視野分割方法を説明するための図である。

【図9】第3の実施形態の走査型露光装置の概略構成を示す図である。

【図10】図9の装置の投影光学系のイメージサークル内の視野分割方法、及びマークブラインドを説明するための図である。

【図11】ウエハ上に形成されたアライメントマーク（ウエハマーク）部分の断面図である（(A)～(C)）。

【図12】アライメントマークの位置が変更された場合のマークブラインドの位置制御の様子を説明するための図である。

【図13】第4の実施形態の投影光学系のイメージサークル内の視野分割方法を示す図である。

【図14】第4の実施形態のマークブラインドを説明するための図である。

【図15】第4実施形態の走査型露光装置に最適なウエハ上のアライメントマークの形成方法の一例を示す図である。

【図16】本発明に係るデバイス製造方法の実施形態を説明するためのフローチャートである。

【図17】図16のステップ204における処理を示すフローチャートである。

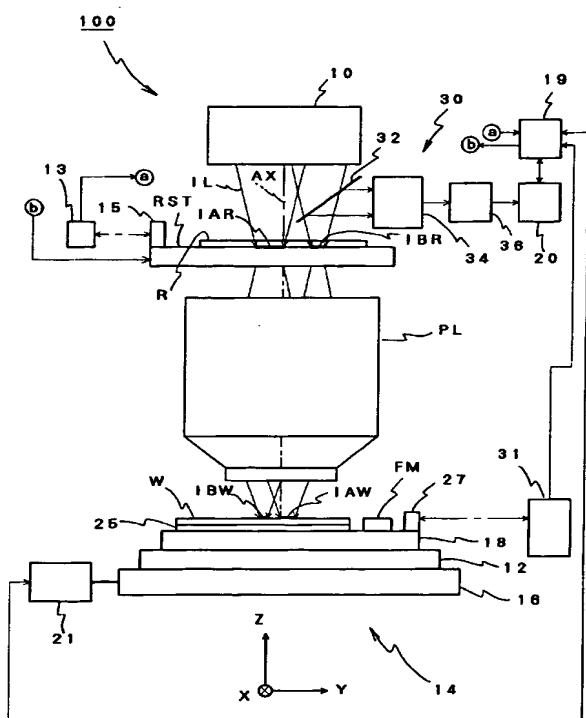
【図18】従来例を示す説明図である。

#### 【符号の説明】

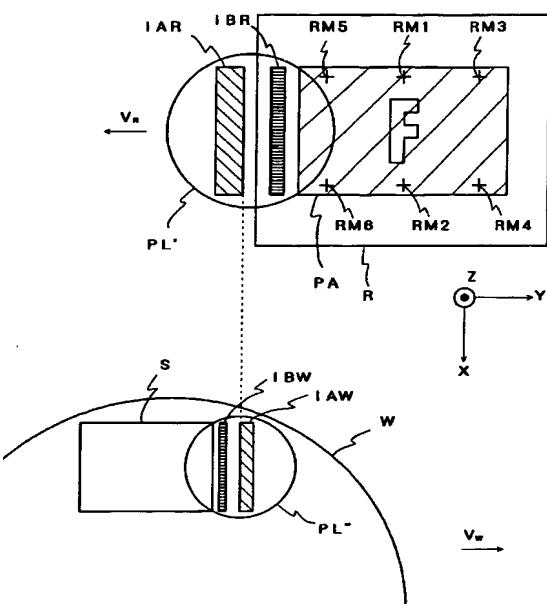
10…照明系、12…Xステージ（駆動装置の一部）、18…Yステージ（駆動装置の一部）、19…ステージ制御系（駆動装置の一部）、20…主制御装置（駆動装置の一部）、21…ウエハ駆動装置（駆動装置の一部）、30…位置検出装置、焦点位置検出装置、アライメント装置、36…信号処理装置（演算装置）、42…瞳分割プリズム（分割光学素子）、46A、46B…ビーム位置検出器（光電変換素子）、48…偏光ビームスプリッタ、50…四分の一一波長板、52…シャッタ（遮光板）、56…ビームスプリッタ（分割光学素子）、58…CCDカメラ（撮像素子）、58A…CCDカメラ（第1の撮像素子）、58B…CCDカメラ（第2の撮像素子）、65…マークブラインド（可動ブラインド装置）、66A、66B…支持部材（移動体）、68…透過光減衰部材（減光部材）、100…走査型露光装置、R…レチクル（マスク）、RST…レチクルステージ（駆動装置の一部）、W…ウエハ（感應基板）、PL…

投影光学系、PL'…マスク側の投影光学系の投影視野、IAR…露光用照明領域、IBR…検出用照明領域、IL…露光光、AX…光軸、RM…レチクルマーク  
(マスク上位置合わせマーク)、WM…ウエハマーク  
(感應基板上位置合わせマーク)。

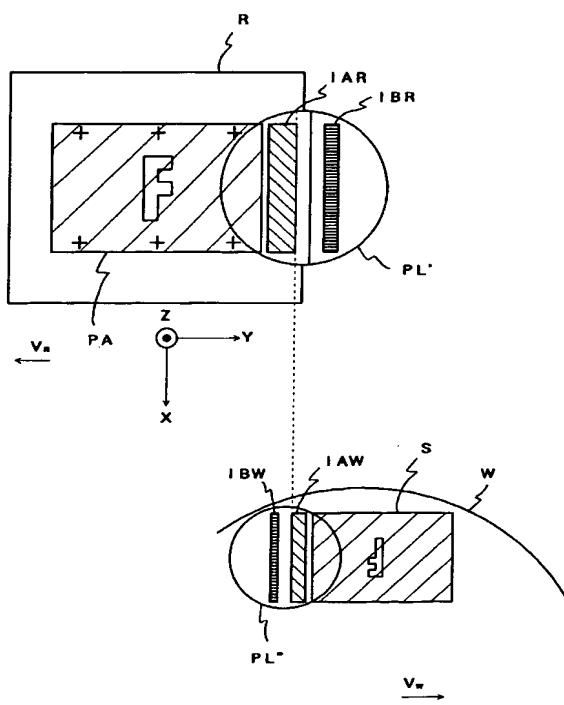
【図1】



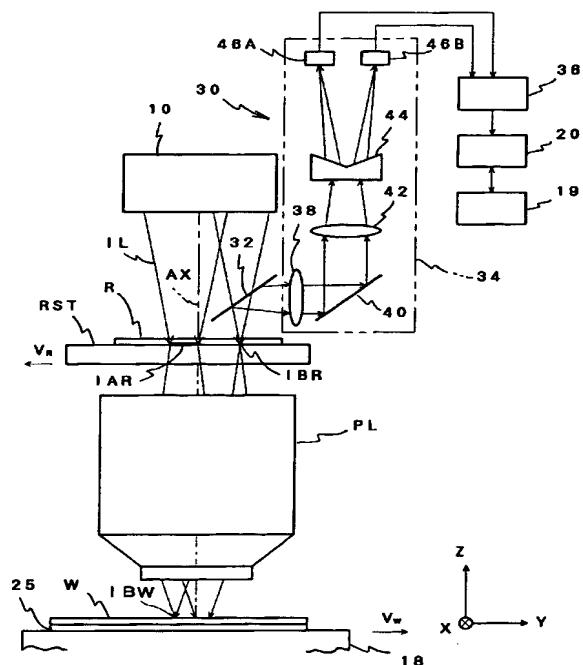
【図2】



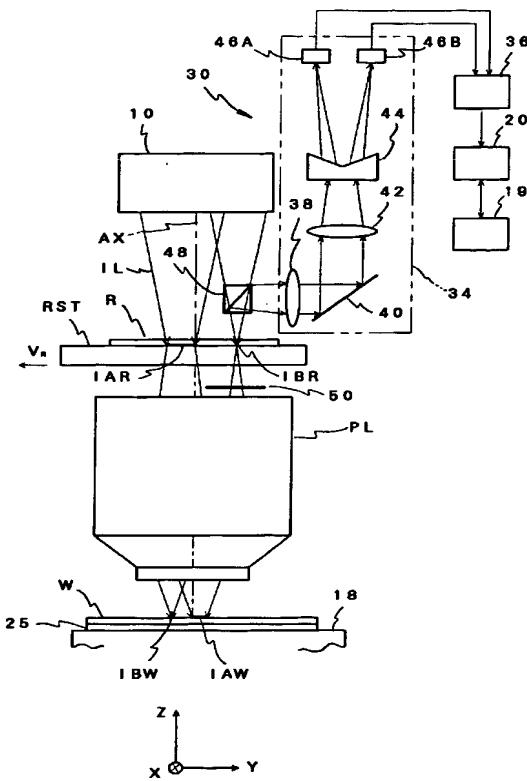
【図3】



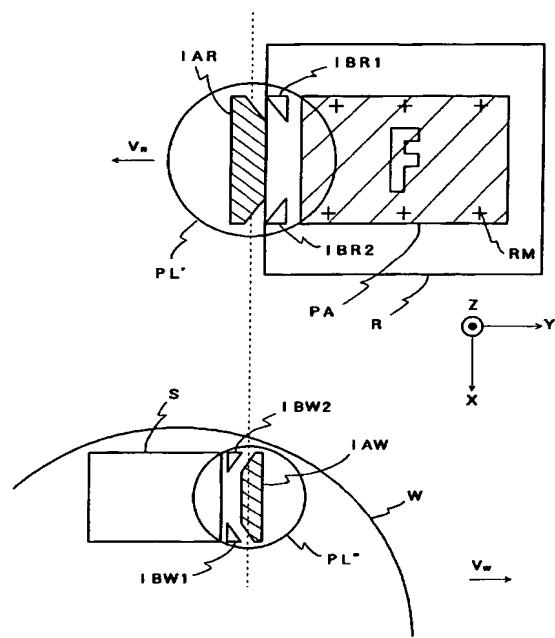
【図4】



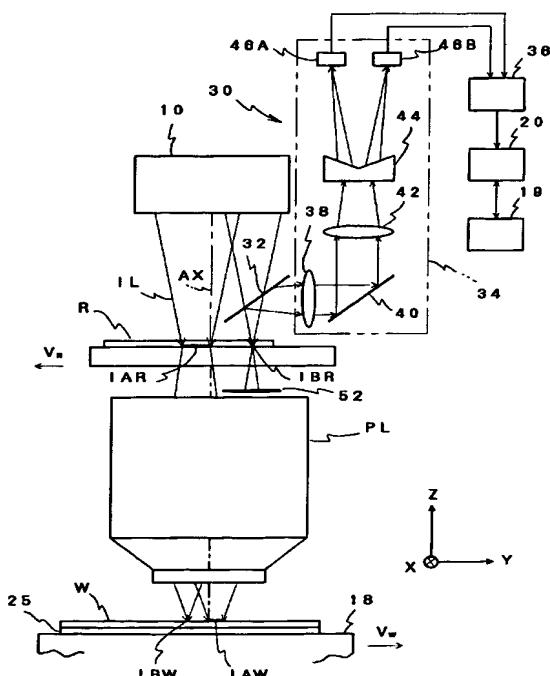
【図5】



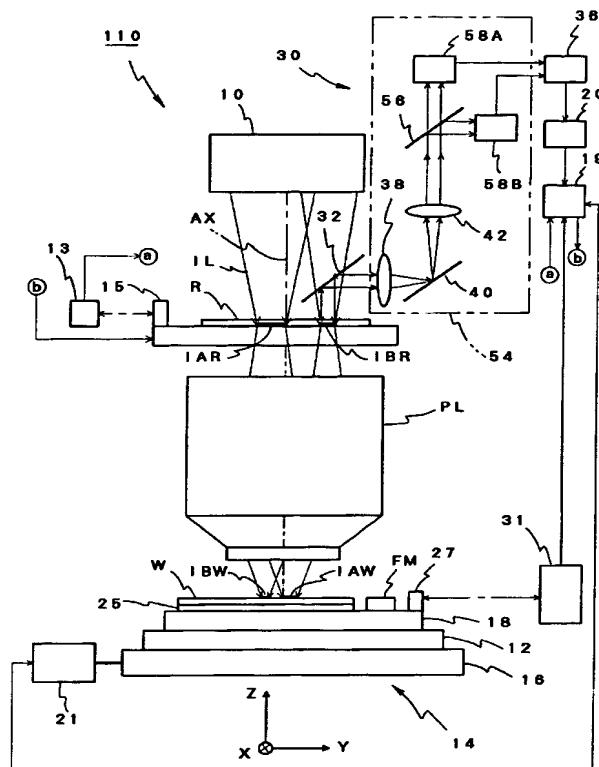
【図8】



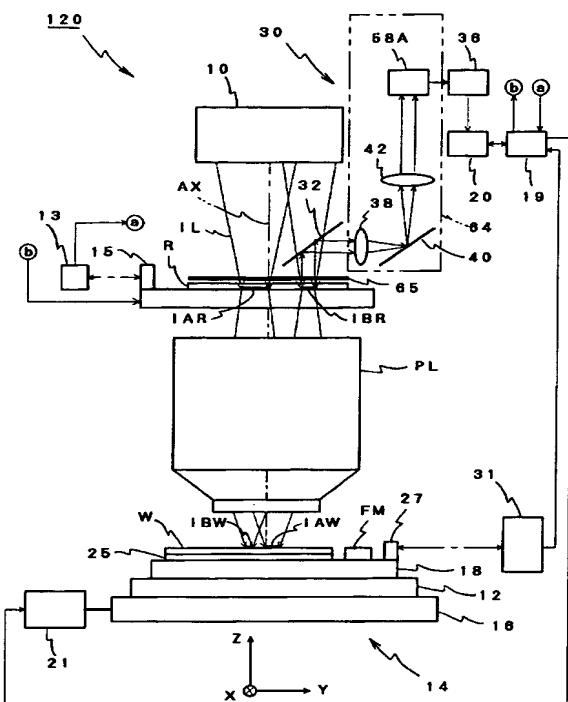
【図6】



【図7】

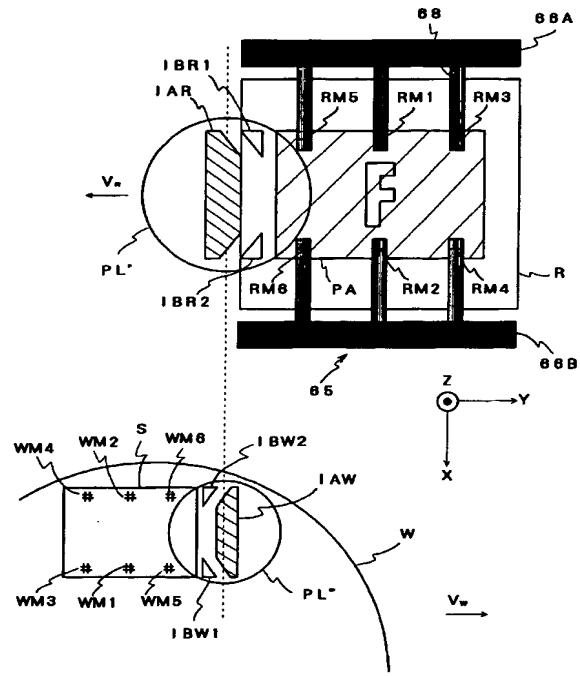
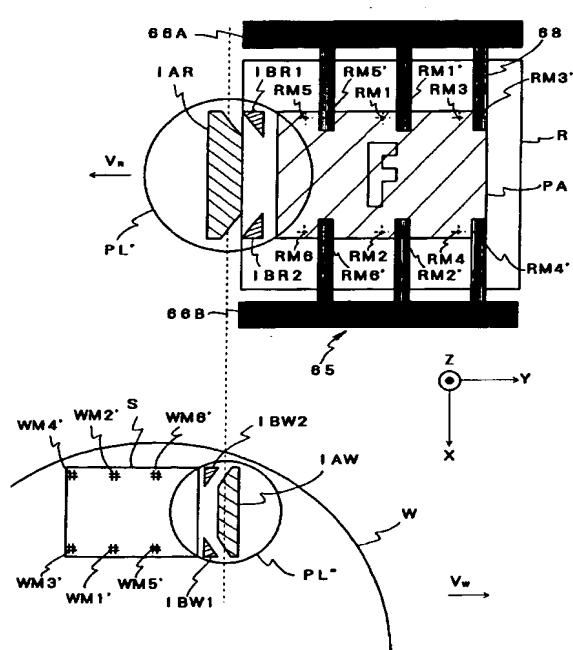


[図9]

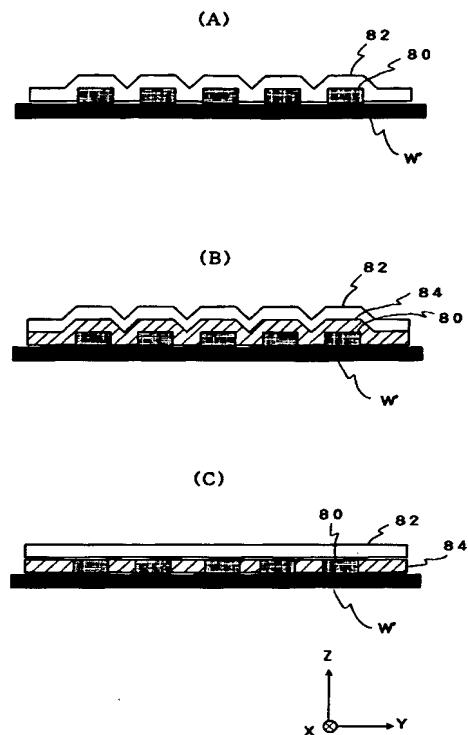


【図10】

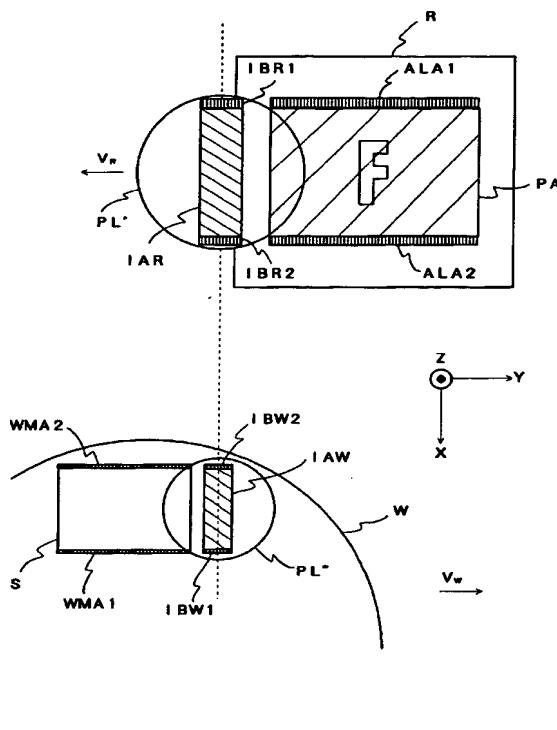
【図12】



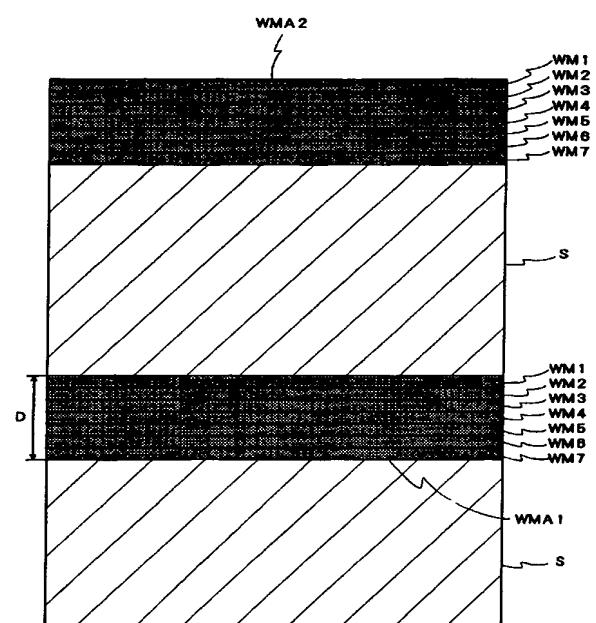
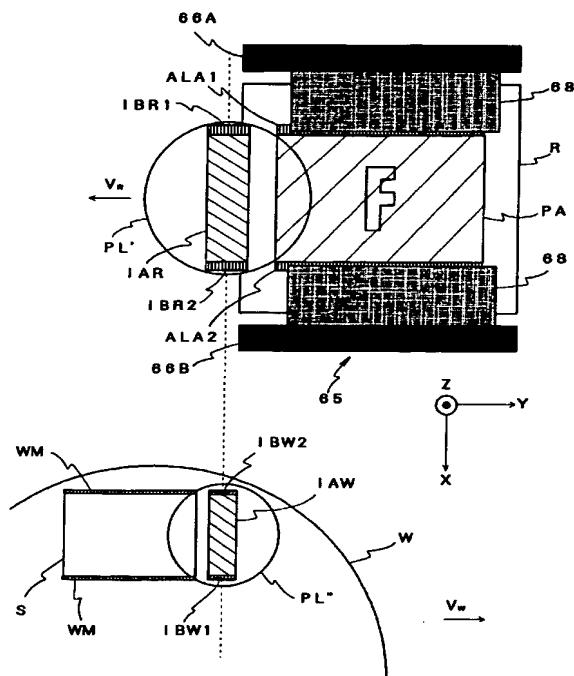
【図11】



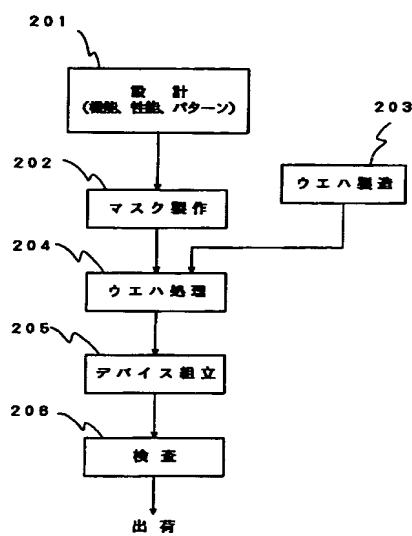
【図13】



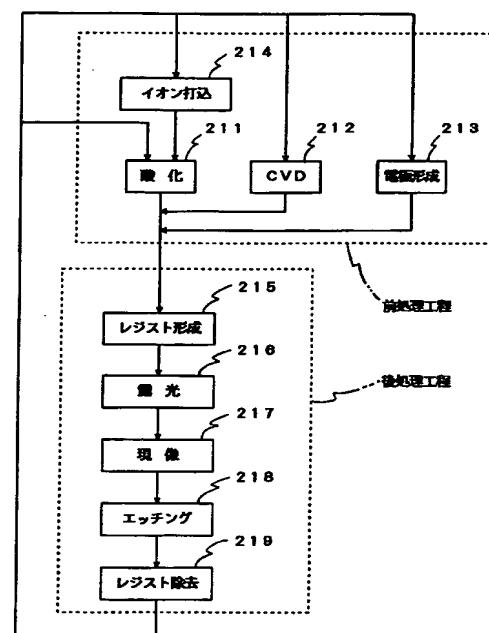
【図14】



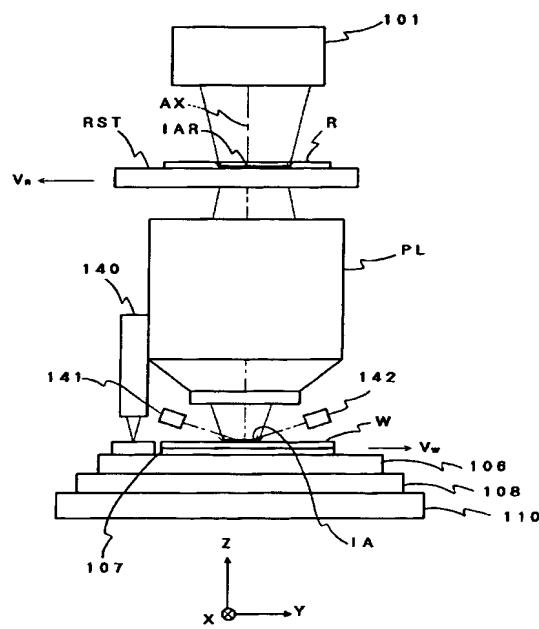
【図16】



【図17】



【図18】



フロントページの続き

(51) Int.C1.<sup>7</sup>

識別記号

F I

テマコード(参考)

H O 1 L 21/30

5 2 5 X

Fターム(参考) 2F065 BB27 CC18 CC19 CC20 DD06  
FF02 FF10 FF55 GG04 HH03  
LL04 LL12 LL24 LL30 LL36  
LL37 LL46 MM03 PP12 PP23  
UU01  
5F046 BA04 BA05 CA03 CA04 CA08  
CB05 CC01 CC02 CC03 CC05  
CC06 CC10 CC13 CC16 CC18  
DA02 DA14 EA02 EB03 ED03  
FA02 FA10 FB07 FB08 FB20  
FC05